

**Diseño de un Plan de Mejoramiento Productivo para el Proceso de Trituración en la
Cantera de la Empresa Cementos Argos S.A Sede Tolú Viejo**

David Andrés Montes Barrios

Asesor

Luis Eduardo Gil Castellanos

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Tecnología en Logística Industrial

2024

Luis Eduardo Gil Castellanos

Director de Trabajo de Grado

José Enrique Cotes Cotes

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Lo primero es darle las gracias a Dios por ser incondicional en esta etapa de aprendizaje y crecimiento en mi vida.

A mis padres Luz María Barrios Castillo y Edalso Enrique Montes Tovar por sus grandes consejos y esfuerzos que me han permitido llegar a ser una persona de bien.

A mis hijos Sofía Yuliana Montes Márquez, Mateo Andrés Montes Sierra y Mathias David Montes Márquez por ser el impulso que me motiva cada día a seguir adelante y a convertirme en su ejemplo de vida con mis logros.

A mi esposa Karina Esther Márquez Moreno por estar a mi lado y darme apoyo en los momentos difíciles de mi vida.

A mi hermano Edalso José Montes Barrios por apoyarme cuando lo necesite

A mi amigo Tony Noble por brindarme su amistad incondicional y poder ser como mi familia

A los colaboradores de la empresa cementos Argos S.A por acceder a brindarme su tiempo y ayuda en el desarrollo de proyecto y así poder alcanzar mi meta.

Agradecimientos

Primeramente, es darle la honra y la gloria a Dios por su infinita sabiduría que fue notable para que lograr terminar esta etapa de mi vida.

A mis padres que lucharon con esfuerzo para poder apoyarme en mi crecimiento educativo.

A mi profesor que estuvo siempre presto en ayudarme y corregirme en todo el desarrollo de mi proyecto y formación académica.

Luis Eduardo Gil Castellano.

Resumen

El trabajo consiste en diseñar un plan de mejora productivo para trituradora en la cantera de la empresa cementos Argos sede Toluviejo, fundamentado para estudiar las condiciones actuales y cómo se realizan las operaciones en el área. En este proyecto se hace un estudio de los conceptos y herramientas de la filosofía Lean Manufacturing con el fin de manejar temas como la productividad, optimización, mudas o desperdicios, mapeo de flujo de valor (VSM), los cuales se apliquen en la industria cementera. Para ello es necesario realizar una caracterización del proceso de trituración de cantera en la compañía cementos Argos sede Tolú viejo conociendo parte su historia, su presencia nacional e internacional, productos que manejan, características de la planta y del proceso, con ello realizamos un análisis de la producción, tiempos y operatividad en el proceso mediante el uso del VSM y las otras herramientas de la manufacturing. Se encuentran que se existen diversas problemáticas que hemos distribuidos en tres partes; la primera son dos mudas de gran impacto en las operaciones de la cantera relacionadas con los transporte de materiales y los movimientos innecesarios de los colaboradores, los segunda son los tiempos de espera tales como los cambios de turno, charlas de seguridad, tanqueo, lubricación y alimentación que paran o atrasan la productividad de la máquina, por último la operatividad de la trituradora Laron se ve afectada por un cuello de botella que impacta en los rendimientos y toneladas procesadas de la máquina.

Conociendo entonces estas problemáticas se diseñan planes de acción de corto, medio y largo plazo para cada una de ellas mostrando resultados positivos si se implementan cada una de estas acciones, además de que se crean condiciones para que todos los actores que están inmersos en el proceso puedan participar y ser parte de las soluciones, donde no requieren grandes capitales

para su desarrollo, si no que se debe trascender a un pensamiento más integral que busque como objetivo el cumplimiento de las metas como un logro mancomunado para dar un valor agregado al cliente, reflejado en la calidad, precio justo y entrega oportuna de sus productos.

Palabras claves: Manufacturing, optimización, productividad, desperdicios, VSM.

Abstract

The present work consists of designing a productive improvement plan for the crusher process in the quarry of the company Cements Argos headquarters Tolu Viejo, based on the study of the current conditions and the way in which operations are carried out in the area. In this project, a study of the concepts and tools of the Lean Manufacturing philosophy is made in order to handle issues such as productivity, optimization, shedding or waste, value stream mapping (VSM), which are applied in the cement industry. To do this, it is necessary to carry out a characterization of the quarry crushing process in the company Cements Argos headquarters in Tolu Viejo, knowing part of its history, its national and international presence, products handled, characteristics of the plant and the process, with this we carry out an analysis of the production, times and operability in the process through the use of the VSM and the other manufacturing. It is found that there are several problems that we have distributed in three parts; The first are two changes of great impact on the quarry's operations related to the transport of materials and the unnecessary movements of the collaborators, the second are the waiting times such as shift changes, safety talks, tanking, lubrication and feeding that stop or delay the productivity of the machine and finally, the operability of the Laron crusher It is affected by a bottleneck that impacts the machine's yields and processed tons. Knowing these problems, short, medium and long-term action plans are designed for each of them, showing positive results if each of these actions are implemented, in addition to creating conditions so that all the actors who are immersed in the process can participate and be part of the solutions where they do not require large capitals for their development, rather, it must transcend to a more comprehensive thinking

that seeks as an objective the fulfillment of goals as a joint achievement to give added value to the customer, reflected in the quality, fair price and timely delivery of their products.

Keywords: Manufacturing, optimization, productivity, waste, VSM.

Tabla de Contenido

Introducción.....	17
Descripción del Problema.....	19
Planteamiento del Problema.....	19
Justificación.....	23
Objetivos.....	26
Objetivo General.....	26
Objetivos Específicos.....	26
Marco de Referencia.....	27
Marco Contextual.....	27
Marco Teórico.....	27
Metodología.....	32
Caracterización de la Planta de Cementos Argos S.A Sede Tolú Viejo.....	33
Información General de la Empresa.....	33
Cadena de Operaciones en la Empresa Cementos Argos S. A.....	36
Maquinaria Actual.....	39
Requerimientos de la Cantera.....	44
Personal y Jornadas de Operación.....	44
Operaciones Dentro de la Cantera.....	45
Estudio de Consumos de Materia Prima.....	45

Mapeo de Flujo de Valor de Trituradora Laron	46
Paso 1	49
Pasó 2.....	49
Paso 3.....	51
Pasó 4.....	52
Paso 5.....	53
Paso 6.....	54
Análisis de Mudras de Producción.....	61
Estudio de Producción Operaciones de Cantera	61
Estudio Tiempos de Espera en Trituración.....	65
Estudio de Operación de la Trituradora.....	77
VSM.....	84
Desarrollo de Estrategias	88
Operaciones en la Cantera	89
Tiempos de Espera en Trituración	90
Paro Cambio de Turno.....	90
Paro Charla de Seguridad	92
Paro Tanqueo y Lubricación	94
Paro Alimentación	96
Operación de Trituradora Laron.....	98

Conclusiones.....	102
Recomendaciones.....	103
Referencias Bibliográficas.....	104
Apéndices	109
Estudio de Producción de Trituración	109
Estudio Tiempos de Espera en Trituración.....	114
Abreviaturas	127

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Razón social</i>	34
Tabla 2 <i>Materia prima de cemento</i>	35
Tabla 3 <i>Consumos diarios de materia prima planta Tolú Viejo</i>	46
Tabla 4 <i>Demanda del cliente</i>	49
Tabla 5 <i>Takt time de trituradora Laron</i>	50
Tabla 6 <i>Definición de métricas</i>	55
Tabla 7 <i>Ecuaciones para las métricas</i>	56
Tabla 8 <i>Lead time</i>	57
Tabla 9 <i>Touch time</i>	57
Tabla 10 <i>Producción semanal trituradora Laron</i>	61
Tabla 11 <i>Materia prima de las mezclas</i>	63
Tabla 12 <i>Turnos de transporte</i>	64
Tabla 13 <i>Horas productivas trituración</i>	66
Tabla 14 <i>Horas improductivas trituración</i>	68
Tabla 15 <i>Hora reales trituradora Laron</i>	69
Tabla 16 <i>Paro cambio de turno</i>	70
Tabla 17 <i>Paro charla de seguridad</i>	72
Tabla 18 <i>Paro tanqueo y lubricación</i>	73
Tabla 19 <i>Paro alimentación</i>	75
Tabla 20 <i>Especificaciones trituradora Laron</i>	78
Tabla 21 <i>Equipos trituradora Laron</i>	80

Tabla 22 <i>Tendencias motor banda hacia la zaranda</i>	82
Tabla 23 <i>Comparativa takt time</i>	86
Tabla 24 <i>Planes de acción takt time</i>	87
Tabla 25 <i>Mejoras para cambio de turno</i>	91
Tabla 26 <i>Mejoras para charla de seguridad</i>	93
Tabla 27 <i>Mejoras para tanqueo y lubricación</i>	95
Tabla 28 <i>Mejoras para alimentación</i>	97
Tabla 29 <i>Toneladas y rendimientos esperados</i>	99

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	20
Figura 2 <i>Ubicación planta Tolú Viejo</i>	35
Figura 3 <i>Vías de acceso planta Tolú Viejo</i>	36
Figura 4 <i>Recorrido materia prima</i>	38
Figura 5 <i>Proceso de trituración</i>	38
Figura 6 <i>Perforador Epiroc T35</i>	39
Figura 7 <i>CAT D9</i>	40
Figura 8 <i>Komatsu 275a</i>	40
Figura 9 <i>Komatsu WA 600</i>	41
Figura 10 <i>CAT 773G</i>	42
Figura 11 <i>Toyota Hilux</i>	42
Figura 12 <i>Motoniveladora 120g</i>	43
Figura 13 <i>Camión de riego</i>	43
Figura 14 <i>Simbología VSM</i>	47
Figura 15 <i>Mapeo de flujo de valor #1</i>	51
Figura 16 <i>Mapeo de flujo de valor #2</i>	52
Figura 17 <i>Mapeo de flujo de valor #3</i>	53
Figura 18 <i>Mapeo de flujo de valor #4</i>	54
Figura 19 <i>Mapeo de flujo valor final</i>	59
Figura 20 <i>Gráfico Producción semanal de la trituradora Laron</i>	62
Figura 21 <i>Gráfico horas productivas trituraciones</i>	67

Figura 22 <i>Gráfico horas improductivas trituraciones</i>	69
Figura 23 <i>Grafico para cambio de turno</i>	71
Figura 24 <i>Gráfico para charla de seguridad</i>	72
Figura 25 <i>Gráfico para tanqueo y lubricación</i>	74
Figura 26 <i>Gráfico para alimentación</i>	76
Figura 27 <i>Diagrama operativo Laron</i>	79
Figura 28 <i>Información del sistema laron</i>	82
Figura 29 <i>Grafico de tendencia de carga motor Mo-020</i>	83
Figura 30 <i>Identificación de cuello de botella</i>	84
Figura 31 <i>VSM-Kaizen</i>	85
Figura 32 <i>Gráfico comparativo takt time</i>	86
Figura 33 <i>Síntesis de estrategias</i>	88
Figura 34 <i>Gráfico con mejoras cambio de turno</i>	92
Figura 35 <i>Gráfico con mejoras para charla de seguridad</i>	94
Figura 36 <i>Grafico con mejoras tanqueo y lubricación</i>	96
Figura 37 <i>Ajustes tiempos esperado de alimentación</i>	98
Figura 38 <i>Rendimientos esperados</i>	100
Figura 39 <i>Toneladas esperadas</i>	101

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Producción trituradora Laron#1</i>	109
Apéndice B <i>Producción trituradora Laron#2</i>	110
Apéndice C <i>Producción trituradora Laron#3</i>	111
Apéndice D <i>Producción trituradora Laron#4</i>	112
Apéndice E <i>Producción trituradora Laron#5</i>	113
Apéndice F <i>Producción trituradora Laron#6</i>	114
Apéndice G <i>Estudio de tiempos trituración#1</i>	115
Apéndice H <i>Estudio de tiempos trituración#2</i>	116
Apéndice I <i>Estudio de tiempos trituración#3</i>	117
Apéndice J <i>Estudio de tiempos trituración#4</i>	118
Apéndice K <i>Estudio de tiempos trituración#5</i>	119
Apéndice L <i>Estudio de tiempos trituración#6</i>	120
Apéndice M <i>Estudio de tiempos trituración#7</i>	121
Apéndice N <i>Estudio de tiempos trituración#8</i>	122
Apéndice O <i>Estudio de tiempos trituración#9</i>	123
Apéndice P <i>Estudio de tiempos trituración#10</i>	124
Apéndice Q <i>Estudio de tiempos trituración#11</i>	125
Apéndice R <i>Estudio de tiempos trituración#12</i>	126

Introducción

Se habla del crecimiento progresivo en el mercado nacional de la industria de cemento en los últimos años, porque es fundamental en la cadena productiva de construcción, que se ha fortalecido como uno de los principales músculos financieros en la economía del país. Este buen momento implica una mayor demanda de los productos cementeros, los cuales tienen costos considerables para su producción, de aquí que las empresas fabricantes adopten medidas para el mejoramiento de los procesos operativos y aumento de la productividad, en busca de un buen costo de producción para una mayor competitividad.

Cementos Argos S.A líder del mercado colombiano, cuenta con una gran infraestructura de plantas a nivel nacional e internacional, brindando productos certificados con altos estándares de calidad, además de la mayor capacidad instalada para la producción de toneladas por año, lo cual lo consolida entre los primeros lugares en el país y en Latinoamérica.

En este contexto el siguiente documento centra el diseño de un plan de mejoramiento productivo para el proceso de trituración en la cantera de la empresa cementos Argos sede tolú viejo el cual es fundamental para la obtención de materias primas esenciales en la producción de cemento, ya que este presenta desafíos específicos en términos de eficiencia, tiempo y costos de operación, para lo cual es oportuno usar una herramienta de mejora en los procesos.

A través de la aplicación de la metodología lean manufacturing con su enfoque sistemático y estructurado para identificar, eliminar o mitigar los desperdicios en los procesos productivos, a través de la optimización de las operaciones que se desarrollan en el área, todo en busca de un aumento de la productividad, reducción de costos y maximizar el valor para el cliente.

A lo largo de todo el documento, se realiza un análisis exhaustivo de los factores identificados como ineficiencias, cuellos de botella y oportunidades de mejora, mediante la aplicación de técnicas de manufactura esbelta, se diseñarán y propondrán planes de acción que permitan optimizar el flujo de trabajo, eliminar actividades que no agregan valor y promover cultura en la mejora continua entre los colaboradores.

El resultado esperado del proyecto no solo va enfocado a la mejora significativa de los indicadores de desempeño del proceso de trituración en la cantera de cementos argos, si no que a su vez fortalece la competitividad en el mercado, la reducción de costos de operación y el cumplimiento de las metas trazadas por la compañía, además la metodología lean manufacturing promueve una cultura sin tanta inversiones financieras pero enfocadas en la excelencia operativa, la coordinación acertadas de las tareas, el trabajo en equipo y la satisfacción del cliente lo cual es el indicador más impórtate de la empresa.

Descripción del Problema

Es un hecho conocido que las organizaciones deben incrementar, o por lo menos mantener, la productividad de sus procesos en su afán de sobrevivir en un entorno de mercado cada vez más competitivo (Herrera et al., 2018). “La productividad implica una correcta utilización de las entradas del sistema de producción (recursos materiales, recurso humano, entre otros) en comparación con las salidas (productos o servicios)” (Prokopenko, 1989,p.3). En muchas ocasiones, los incrementos en la demanda obligan a las empresas a mejorar su productividad, principalmente cuando no se cuenta con los recursos económicos para ampliar la capacidad instalada, es decir, se deben fabricar volúmenes más altos de producto utilizando exactamente los mismos recursos Prieto y Martínez (2004).

Planteamiento del Problema

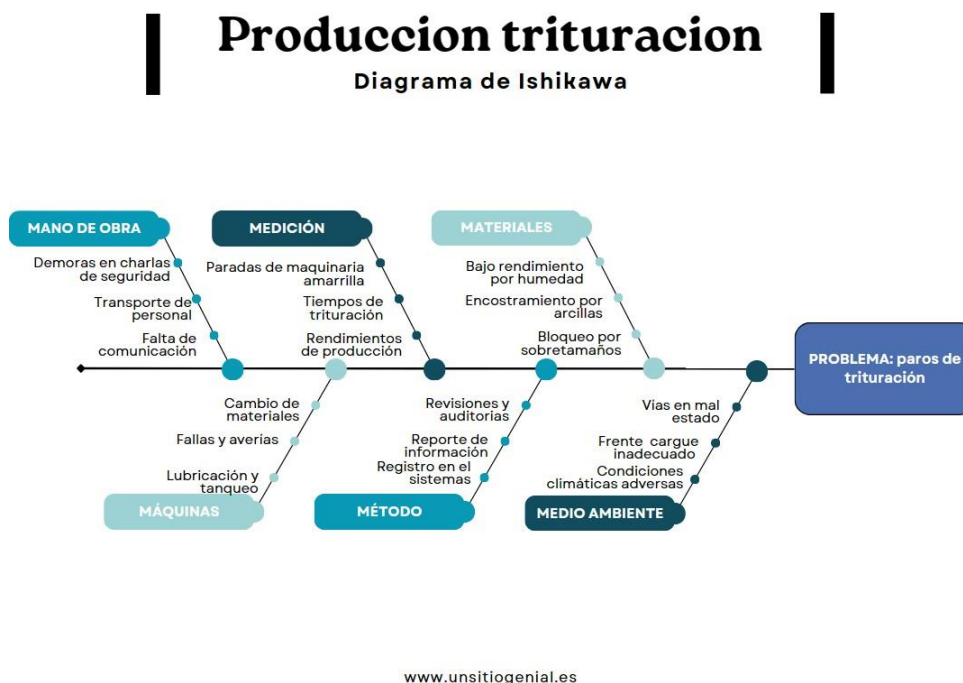
Actualmente la empresa Argos S.A se ha consolidado como una de las más importantes en la industria de la construcción, con su variedad de productos y valores agregados. Gracias a esto ha podido cerrar negocios importantes en el comercio internacional, de manera que para el año 2022 es necesario aumentar su producción con altos estándares de calidad (Cementos Argos Colombia 2022), para su exportación, además, la demanda a nivel nacional viene con un índice de crecimiento exponencial (Estadísticas de Cemento Gris(ECG),2022). Por tanto, hay que mejorar la productividad en el proceso de trituración de la cantera para cumplir con los requerimientos de los clientes. El proceso de trituración presenta varios problemas que ocasionan incumplimiento en los índices de productividad, los cuales se mencionan a continuación.

Tiempos muertos (ver Figura 1), que no permiten trabajar durante gran parte de la jornada laboral.

La máquina trituradora no trabaja a su máxima capacidad.

Figura 1

Diagrama de Ishikawa



Fuente. Autoría propia

Los problemas mencionados se generan como consecuencia de: políticas o directrices de la organización; desconocimiento sobre herramientas que permiten disminuir y/o eliminar los tiempos muertos; y ausencia de propuestas enfocadas en el mejoramiento de la productividad.

Esta situación afecta a varios actores en la cadena de valor cementera, como se describe a continuación:

Trabajadores de la empresa Argos: los empleados del proceso de trituración deben trabajar horas extras, muchas veces con sobrecarga laboral, para cumplir con los requerimientos de los clientes. Esto representa un riesgo psicosocial que puede afectar la salud mental de cualquier colaborador.

Accionistas de la empresa Argos: trabajar horas extras implica costos extras para la organización, lo cual disminuye el margen y afecta la rentabilidad para los accionistas. Una baja productividad puede conllevar al incumplimiento de pedidos que se traduce en pérdida de clientes y participación en el mercado.

Cliente: el no cumplir con las demandas estipulada genera contratiempos en la ejecución adecuada de los procesos contiguos los cuales son nuestros consumidores inmediatos (crudos, cementos) por lo cual se pueden ocasionar paradas en la cadena productiva y esto aumenta los costos de operación de la planta.

Como respuesta a la problemática identificada, nuestro estudio propone un plan que permita incrementar la productividad del proceso de trituración. Para lograr lo anterior es necesario, inicialmente, identificar aquellas actividades del proceso que no están agregando valor al producto y, por el contrario, generan una o varias de las mudas (desperdicios) de producción propuestas por Taiichi Ohno en el sistema de producción de Toyota (TPS) (Ohno, 1991), a saber, sobreproducción, defectos fallos o productos no conformes, sobre procesamiento y actividades que no agregan valor, desplazamientos innecesarios, transporte, espera e inventarios.

Teniendo en cuenta la anterior situación, este proyecto aplicado pretende dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cómo diseñar un plan de mejoramiento productivo para el proceso de trituración en la cantera de la empresa cementos Argos S.A. sede Tolú viejo mediante el uso de herramientas de Manufactura Esbelta?

Justificación

De acuerdo con datos del DANE, la producción de cemento gris en Colombia se ha incrementado durante los últimos 10 años desde 9.504.777 de toneladas en el 2009 hasta 13.797.104 en el 2021 (Estadísticas de Cemento Gris(ECG),2022). “Es bien conocido que en Colombia el sector cementero está compuesto principalmente por tres compañías (Argos, Cemex Colombia y Holcim Colombia) que cuentan con el 75% de la capacidad instalada para la producción de Cemento” (Carlos y Narciso, 2008,p.4).

Gracias a los incrementos de la demanda, es necesario que las compañías cementeras adopten una metodología de eficiencia operacional de la producción, en busca de la excelencia productiva. Por estas razones, al aplicar el diseño del pensamiento Lean Manufacturing se podrá garantizar una optimización en los procesos. A través de sus herramientas se logra paulatinamente eliminar, minimizar y mejorar mudas que se presentan en las diversas áreas de las compañías y esto impulsa a tener un alto desempeño en todos los procesos (Palange & Dhattrak, 2021). Para ello, se debe involucrar a todos los actores (accionistas administrativos, trabajadores, proveedores, clientes, comunidades vecinas) en busca de garantizar el respaldo y compromiso para la mejora continua.

Además, es necesario realizar una revisión de algunos de los siguientes factores que impactan en la productividad, para que se tengan claro los panoramas específicos que se deben trabajar en busca de obtener resultados positivos (Solucionariosuniversidad,2022).

Internos: capacidad fiscal actual, fuerza de trabajo, inventario y actividades necesarias

Externos: comportamientos del competidor, condiciones económicas, demanda del mercado

Otros: capacidad de subcontratación, condiciones y políticas internas o externas.

La compañía Argos S.A, creada en Medellín- Colombia en 1934, ha sido parte del progreso y construcción en nuestra nación. Distribuida en las diferentes regiones ha generado confianza y rentabilidad a sus accionistas y clientes, al igual que garantiza una armonía con sus grupos de interés (medio ambiente, colaboradores, proveedores, comunidades vecinas, gobierno). Toda esta trayectoria ha permitido consolidar su liderazgo en la industria cementera y de concreto obteniendo el quinto puesto a nivel de Latinoamérica. Así mismo, cuenta con la presencia en países como Republica dominicana, Haití, Honduras, Panamá, Surinam, Guayana Francesa, Puerto Rico, Las Antillas y USA, siendo este último y Colombia en donde está su mayor fortaleza operacional. En nuestro país cuenta con alrededor de 7 plantas cementeras, además de varias concretaras y algunas de agregado (Cementos Argos Colombia 2022). Esta compañía, al igual que muchas, busca generar la mayor eficiencia en sus operaciones para obtener importantes beneficios económicos, por ello, la productividad es uno de los indicadores más importantes para su musculo financiero.

La planta Tolú Viejo, anteriormente Tolcemento, se integró a Argos en el 2006. Gracias a su ubicación estratégica en el norte del departamento de sucre (km 26 vía Sincelejo-Tolú- sector de los Montes de María) cuenta con gran cantidad de materia prima para su explotación, lo cual la privilegia con su cercanía cantera-planta. A pesar de esta fortaleza, su infraestructura tiene una antigüedad de más de 55 años, lo que refleja gran desventaja en la parte operacional. Sin embargo, en los últimos 15 años desde la alta gerencia se han venido trabajando en la mejora de la estructura y equipo de los procesos, a través de la ejecución de proyectos de mejoramiento de la producción, como la construcción de una nueva línea productiva (Marin, 2022).

El área de canteras es el inicio de la operación, tiene subprocesos como: perforación, extracción, cargue y transporte de materia prima, encaminados hacia el proceso principal de trituración. Pero en las condiciones actuales, se tienen diversas mudas que restringen la capacidad ideal de la máquina de molienda de materia prima.

Por medio de las herramientas de la manufactura esbelta es posible mejorar los problemas mencionados anteriormente, dado que, como se menciona en (Diaz,et.al,2022) Lean Manufacturing es una metodología que permite “eliminar desperdicios y por ende mejorar la productividad” (parr.5).

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un plan de mejoramiento productivo para el proceso de trituración en la cantera de la empresa Argos mediante el uso de herramientas de Manufactura Esbelta.

Objetivos Específicos

Caracterizar el proceso de trituración de la empresa Argos, mediante la herramienta “Mapeo de flujo de valor”.

Analizar las mudas de producción del proceso de trituración, tomando como referencia los planteamientos de la manufactura esbelta.

Desarrollar estrategias que minimicen y/o eliminen las mudas de producción del proceso de trituración.

Marco de Referencia

Marco Contextual

El desarrollo industrial y económico en los países implica un mejoramiento importante de su competencia como industria. Para ello, las compañías requieren aumentar su producción, realizando inversiones en su estructura; sin embargo, en muchas ocasiones no se cuenta con los recursos adecuados para grandes cambios, por lo tanto, es necesario realizar un plan de optimización de los recursos para tener una mejor productividad Hernandez(2007), la cual se define como “la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla” (p.36). En otros términos, se refiere, a la utilización eficiente de recursos como, por ejemplo, capital, trabajo, materiales, tierra, información energía, entre otros (Prokopenko, 1989).

Además, se sabe que el aumento de la productividad genera un bienestar nacional, porque impacta en el ingreso nacional bruto o el PNB, es decir, esta mejora eleva los niveles de vida cuando los beneficios son repartidos de forma equitativa conforme a la participación, lo cual nos indica que es tan importante por ser una de las principales razones del crecimiento económico, y progreso social de un país (Prokopenko, 1989).

Marco Teórico

Una de las metodologías para mejorar la productividad es Lean Manufacturing, la cual surge en Japón a mediados del siglo XIX, también conocida como manufactura esbelta o agil, esta se plantea con la necesidad de la época en la crisis de petróleo. La compañía Toyota en 1973 se destaca con un novedoso sistema TPS (sistema de producción de la Toyota) que cuenta con una herramienta conocida como Kaizen, la cual se desarrollo con actividades como SMED, 5'S,

TPM, etc. Cada una diseña optimizar la cadena productiva, a través de la mejora continua cumpliendo estos objetivos:

Evidenciar las problemáticas.

Eliminar o minimizar los despilfarros.

Buscar la simplicidad.

Diseñar sistemas para identificar problemáticas.

Con el gran éxito que tuvo esta metodología el gobierno de la época empieza a promover el modelo en todas las empresas japonesas. No fue entonces hasta principio de los 90 que se empieza a conocer esta metodología en occidente por medio de la publicación de Womack, Jones y Roos llamada “*la máquina que cambió al mundo*” donde explica la interacción entre flexibilidad, eficiencia y calidad (Ibarra-Balderas y Ballesteros-Medina, 2017).

Un aspecto importante en la manufactura esbelta es la descripción de las 7 mudas de producción, que como se define en (Lean Manufacturing. Paso A Paso, s. f.) es una palabra japonesa la cual se interpreta como exceso. Estos desperdicios afectan negativamente la productividad, para ello es necesario detectarlos, eliminarlos o minimizarlos diariamente en las operaciones de la compañía. Toyota las clasifica en siete grupos:

Muda de sobreproducción.

Muda de sobreinventario.

Muda de productos defectuosos

Muda de transporte de materiales y herramientas.

Muda de procesos innecesarios.

Muda de espera.

Muda de movimientos innecesarios del trabajador.

Todo esto va encaminado a descubrir continuamente las oportunidades de mejora en la compañía. Para ello se implementan herramientas de prevención, análisis y solución de problemas, que se conviertan en hábitos formidables característicos de cada integrante de la organización.

La metodología Lean Manufacturing se ha implementado en diferentes sectores, entre ellos, el cementero. Por ejemplo, en Lugo (2015) se realiza un estudio para la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de concreto. La empresa de producción de concreto premezclado en la industria de construcción en Venezuela, nacionalizada desde el 3 de abril del 2008 por decisión del mandatario Hugo Chávez, ve en la necesidad de mejorar su eficiencia operativa para disminuir costos de operación y estabilizar los precios de sus productos. Con la aplicación de las herramientas lean se detectan variedad de desperdicios, demoras en factores de integración, comunicación interna y externa. Todo esto se obtuvo con mapas de cadena de valor; definiendo variables de medición tales como OEE (eficiencia general del equipo), y luego se realizaron comparación con una implementación prueba piloto, la cual arroja resultados positivos en mejoras de los procesos.

Así mismo en Perez (2014) se llevó a cabo una investigación la cual propuso la implementación de la manufactura esbelta en la mejora de la productividad en molinos de cemento. El departamento eléctrico de la cementera CEMEX ha tenido que aplicar herramientas de calidad que impacten en la mejora continua de la molienda de cemento u otras áreas, por los atrasos presentados durante las operaciones normales, impactando en la entrega adecuada de los

productos requeridos. Para ello se plantea el desarrollo del pensamiento Lean con la finalidad de optimizar la ejecución de este molino y su operación.

De igual forma en Espinel (s.f.) se trabaja con la metodología Lean Manufacturing para el proceso de envasado de cemento en la empresa Holcim Ecuador planta Latacunga. Con la política de la compañía de calidad se viene realizando mejoras continuas para obtener una mayor productividad en los procesos. En el área de envase se han encontrado diversas anomalías con respecto a la ruptura de sacos en el llenado, transporte y embalaje de los mismo, esto impacta directamente en los costos y demoras del producto principal (sacos de 50kg). Para esta investigación se usaron las herramientas lean, como 5'S, Kanban, justo a tiempo, sistema pull y Kaizen. Luego se realizaron comparación de resultados de la problemática entre el método tradicional y el de manufactura esbelta, la cuales fueron positivos en productividad.

En Barranco (2017) se trabaja la problemática de optimización de los tiempos de los ciclos de cargue, transporte y descargue de materias primas en la planta de cementos Argos sede Tolú viejo, para lo que se analizan las condiciones actuales de los ciclos y luego se plantean estrategias enfocadas en la disminución y optimización de los tiempos creando vías nuevas que permiten una mayor fluidez en el traslado de dichos materiales, lo que concluye con resultados positivos en dichas operaciones.

Por otro lado, en Parra (2015) se realizó una gestión de actividades para el mejoramiento de la eficiencia operacional en la mina santa Ana la cual es la cantera de materia prima de la planta de cemento Argos sede Cartagena. Esto implicó caracterizar los procesos de extracción y transporte de la materia prima, para luego enfocarse en las diversas mudas que presentaban, buscando minimizar los tiempos muertos en la operación, así como se lograron resultados

acertados que evidenciaron condiciones limitantes y que con sus mejoras impactarían positivamente en la operación de la cantera.

Metodología

El enfoque en que está encaminada nuestra investigación es mixto, debido a que para su desarrollo se requiere una recolección de datos numéricos, estadísticos, así como el estudio de datos, interpretaciones, descripciones detalladas y significados subyacentes los cuales son características del enfoque mixto como se ven explicadas en (Hernandez, 2014,p.532) .

Conociendo el enfoque definimos la estrategia que usaremos para el alcance de nuestra investigación la cual en (Hernandez, 2014,p.90) habla de varios tipos: concurrentes, secuenciales, conversión y de integración.

El análisis secuencial explicativo es el más indicado, ya que nuestro proyecto trabajará en dos fases, primeramente, se hace una recolección y análisis de datos cuantitativos, en la segunda fase se complementa las variables específicas con explicaciones de observaciones cualitativas que amplían los hallazgos obtenidos.

Caracterización de la Planta de Cementos Argos S.A Sede Tolú Viejo

Información General de la Empresa

La compañía Argos S.A es una multinacional en crecimiento consolidada en dieciséis países y territorios con grandes proyecciones económicas. La operación cuenta con activos de 12 plantas de cemento, 248 plantas de concreto, 9 molineras de Clinker, 31 puertos terminales, 56 centros de despacho, más de 1905 camiones mezcladores, más de 1600 vagones de trenes y 4 barcos propios rentados permanentemente. Todo esto para crear valor para la sociedad mediante soluciones, productos innovadores y sinergias logísticas. Para ello, la empresa cuenta con alrededor de 7050 colaboradores directos con un 85% hombres y 15% mujeres, lo que le permite tener una capacidad de 23.1 millones de toneladas de cemento y 14.7 metros cúbicos de concretos (Cementos Argos Colombia 2022).

En Colombia la compañía tiene una operación cementera de 7 plantas ubicadas estratégicamente para cubrir con la mayor parte del territorio nacional, lo cual le permite cubrir un poco más de 50% de la demanda del país consolidada en los primeros lugares de este. En la zona norte está la planta de Tolú viejo, la segunda más importante después de Cartagena. La planta de Tolú viejo inició operaciones en el año 1972 con una razón social de Tolcemento en las líneas de producción de cemento de uso general, en el 2006 entra a hacer parte del grupo empresarial como parte de una estrategia corporativa de la compañía Argos está constituida (ver Tabla 1), con ello llegan grandes inversiones que permiten mejorar las instalaciones para una mayor producción de fabricación, lo cual da paso a nuevos productos tales como el cemento estructural, mampostero y concretero que en la actualidad son referentes de la compañía.

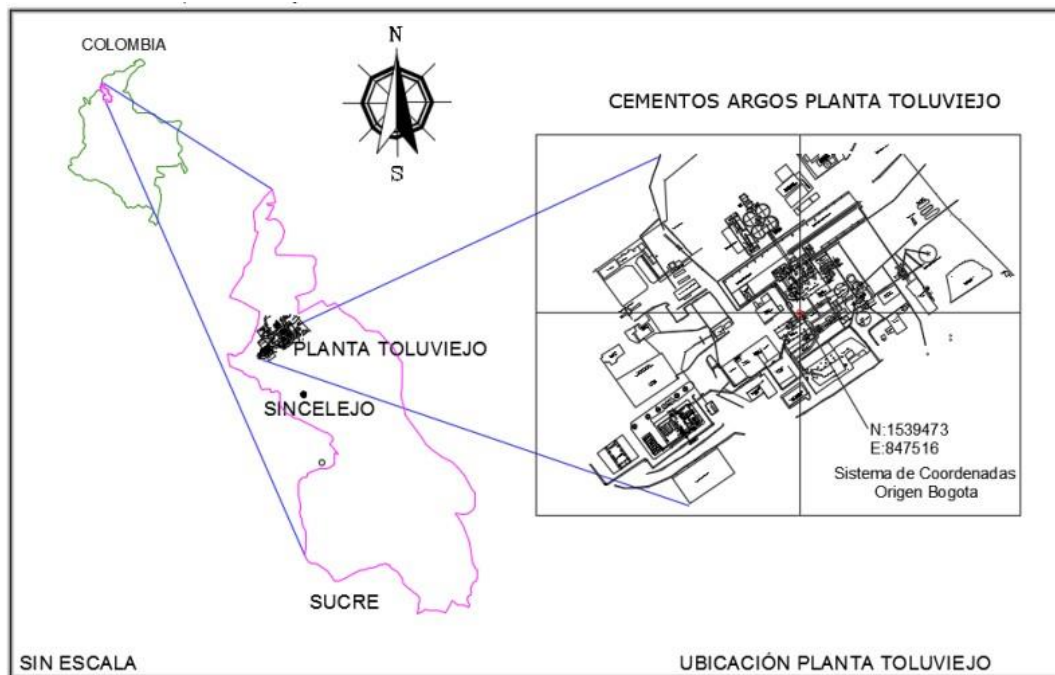
Tabla 1*Razón social*

	Razón social
Grupo empresarial	Argos S.A y subsidiarias
Compañía de operaciones	Cementos Argos S. A
Nit	890.100.251-0
Teléfonos	28283232 ext. 66296
Dirección	Km 26, vía Sincelejo- Santiago de Tolú- Sucre

Nota. Se presentan la información jurídica y de contacto de la planta cementos argos sede Tolú

Viejo. *Fuente.* Autor

Para realizar la fabricación del cemento es importante contar con una ubicación estratégica (Ver Figura 2), puesto que, se requieren ciertos materiales (Ver Tabla 2) en unas condiciones ideales que permiten una correcta extracción de la materia prima.

Figura 2*Ubicación planta Tolú Viejo**Fuente.* (Barranco, 2017, pág. 19)**Tabla 2***Materia prima de cemento*

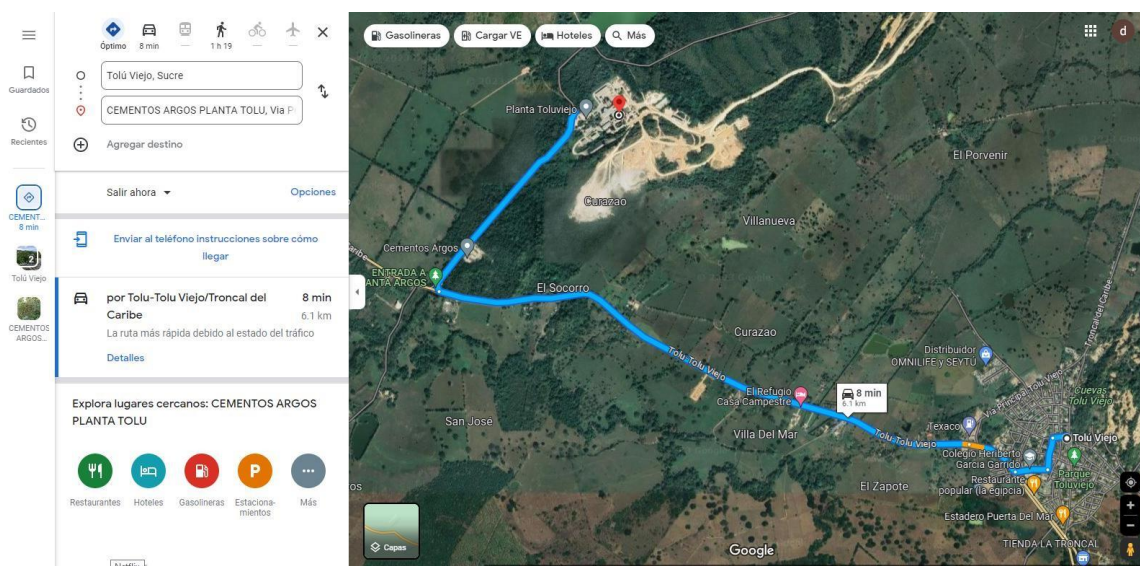
Material extraído	Componente	%
Caliza	Calcio	50 a 65
Marga amarilla	Alúmina	20 a 25
Marga gris	Sulfatos	3 a 6
Limolita	Hierro	5 a 7

Nota. Se muestran los tipos de materias primas y su composición química principal con porcentajes para la elaboración del cemento. *Fuente.* (Barranco, 2017, p. 17)

La vía para acceder a la planta de cementos Argos S.A sede Tolú viejo está en el kilómetro 26 de la carretera troncal caribe de Sincelejo a Santiago de Tolú, específicamente 2.7 km después del casco urbano de Tolú viejo se gira a la derecha y se continuo recto 3.7 km hasta llegar a la portería principal (ver Figura 3).

Figura 3

Vías de acceso planta Tolú Viejo



Fuente. (Ruta Toluviejo-planta de cemento Argos Tolu,s.f.)

Cadena de Operaciones en la Empresa Cementos Argos S. A

La empresa cementos Argos sede Tolú Viejo es una planta cuya operación principal es la producción de tres tipos de cemento: uso general, estructural Max y el concretero. Para la elaboración de cada uno de estos es necesario una cadena de operaciones con funciones específicas e importantes para la obtención de un producto con buen costo y altos estándares de

calidad.

Para describir estos procesos es necesario hacer una sectorización de la planta de la siguiente manera:

Cantera y trituración.

Control de calidad.

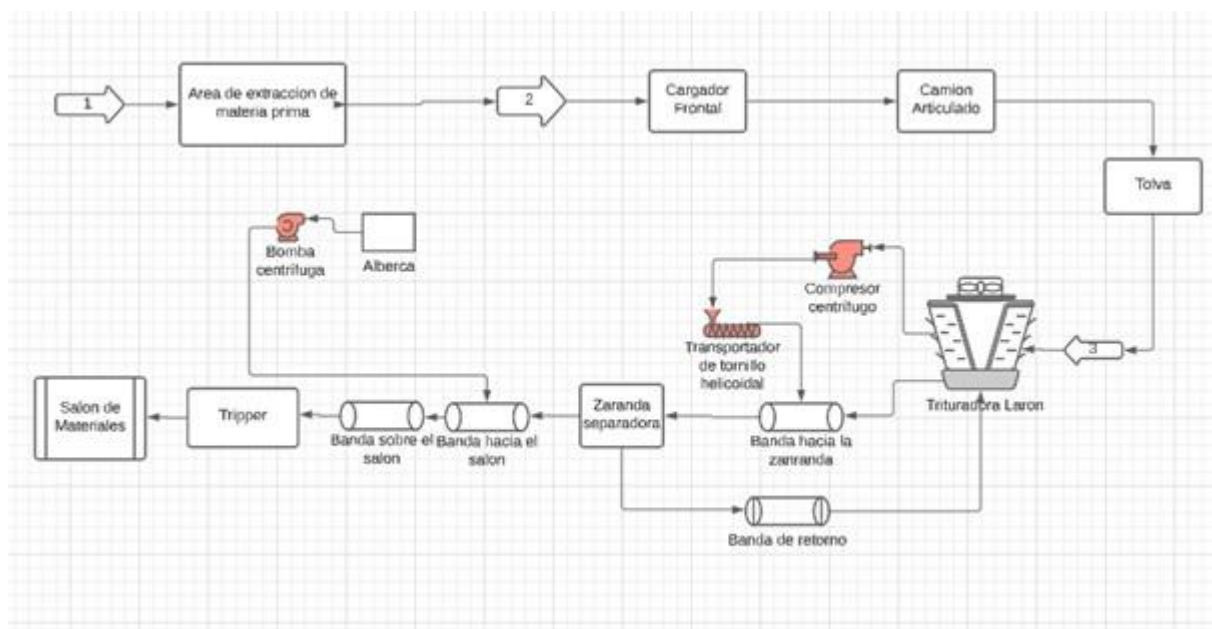
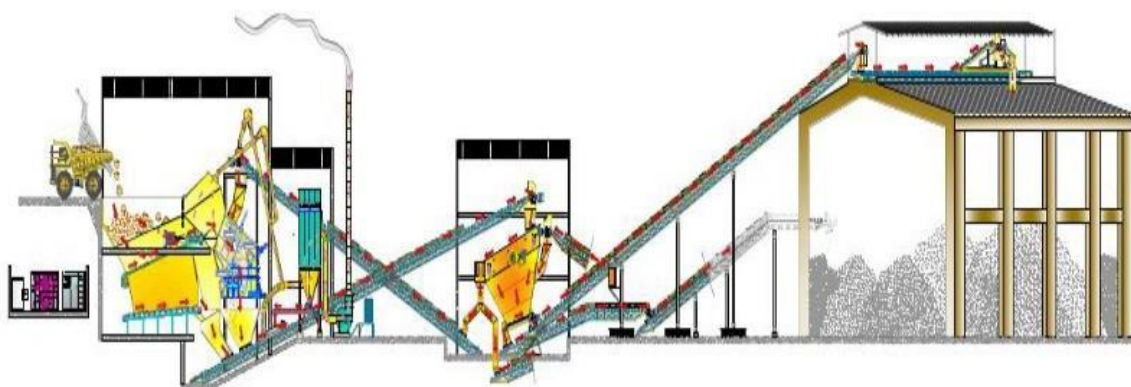
Área de producción.

Empaque y despacho.

Área de generación de energía (Watsila).

Para el correcto funcionamiento de cada proceso se cuenta con algunos procesos de apoyo como mantenimiento, almacenamiento y administrativa.

El área de cantera y trituración es donde inicia la operación de la planta, ya que desde allí se extraen los principales materiales para la elaboración del producto final, la materia prima debe hacer un recorrido (ver Figura 4) para llegar al salón de almacenamiento (ver Figura 5).

Figura 4*Recorrido materia prima**Fuente. Autoría propia***Figura 5***Proceso de trituración**Fuente. Valle, A (2011).*

Maquinaria Actual

La compañía cementos argos S.A requiere cierta maquinaria para realizar sus operaciones de materia prima, en la sede Tolú viejo por las condiciones favorables de la cantera, requiere algunos equipos para su correcta operación los cuales se describen a continuación:

Epiroc T35: es una máquina de perforación flexible y versátil (ver Figura 6) diseñada para ofrecer un alto rendimiento en canteras de mediano tamaño, gracias a su martillo de gran potencia, además de su brazo y barrilaje permite alcanzar alturas de perforaciones superiores a las 15mts. Su mayor uso está en el área de las calizas, la cual por su dureza es necesario las mayas de perforaciones para realizar voladuras controladas.

Figura 6

Perforador Epiroc T35



Fuente. (Epiroc, s.f.)

Tractores: son máquinas de extracción y empuje de materiales, actualmente se cuánto con dos modelos de similares capacidades, un CAT D9 (ver Figura 7) y un Komatsu D275a (ver Figura 8) sus actividades principales, son la de extracción de arcillas, definición de bancos de caliza, extensión y acopio de materiales etc.

Figura 7

CAT D9



Fuente. (Tractor Topador D9 | Tractor Topador | Cat | Caterpillar, s. f.)

Figura 8

Komatsu 275a



Fuente. (Komatsu 275a, s. f.)

Cargadores: Estos equipos con alta productividad y bajo consumo de combustible, están diseñados para el cargue de materiales sueltos y de poca compactación, en el área de cantera se cuenta principalmente con dos cargadores frontales Komatsu WA 600 (ver Figura 9), con cucharón de penetración los cuales por sus especificaciones son adecuados para el cargue de materiales rocosas.

Figura 9

Komatsu WA 600



Fuente. (Komatsu WA600-6 Ficha Técnica y Especificaciones (2006-2017) | LECTURA Specs, s.f.)

Camiones: son máquinas de acarreo para todo terreno con chasis rígido usados para la explotación a gran escala con volcú de capacidad de 55 toneladas o 35 mt³, actualmente se cuenta con 4 equipos del modelo 773 (ver Figura 10).

Figura 10*CAT 773G*

Fuente. (773G (Tier 2) Caterpillar Relianz, s. f.)

Auxiliares: estos equipos son usados para tareas complementarias, como el desplazamiento del personal a través de la camioneta asignada (ver Figura 11), el arreglo y acondicionamiento de las vías con la motoniveladora (ver Figura 12) y el regado de las vías de operación por medio del camión de riego (ver Figura 13).

Figura 11*Toyota Hilux*

Fuente. (TOYOTA, 2024)

Figura 12

Motoniveladora 120g



Fuente. (CATERPILLAR 12G Maquinarias de Construcción Para la Venta, s. f.)

Figura 13

Camión de riego



Fuente. Autoría propia

Requerimientos de la Cantera

La compañía cementos Argos, siguiendo los lineamientos de sus políticas, plantea unas metas para cada planta, todo partiendo de la capacidad productiva. En Tolú viejo estas metas se asignan para que cada proceso cumpla con un objetivo de producción y calidad anual, mensual y diario. Para la cantera se fijan con base a el consumo de harina de los dos hornos y la adición de caliza de los cementos.

Para cumplir con la meta propuesta el proceso requiere programar dos turnos de 8 horas en los 6 días de la semana, con una producción mínima de 2000 toneladas por turno, distribuidos en la trituración de caliza y mezclas, además de transporte de los diversos materiales.

Personal y Jornadas de Operación

Para cumplir con los turnos y que se puedan realizar las diversas tareas se cuenta con 22 personas operativas y dos ingenieros de minas.

Distribuidos de la siguiente forma en la jornada matinal o turno A:

2 para la perforación

3 para manejo de camiones de transporte de material y camión de riego

1 para cargador

2 para tractor

3 para operación de la trituración

1 motoniveladora o cargador

1 supervisor de turno

2 jefes de área y jefe de proceso (ingenieros de minas)

Jornada nocturna turno B:

3 para manejo de camiones de transporte de material y camión de riego

1 para cargador

1 para tractor

2 para operación de la trituración

1 supervisor

1 motoniveladora o cargador

Estas jornadas están comprendidas entre los horarios de 7:00 am a 3:00pm (turno A) y 3:00pm a 11:00pm (turno B) de lunes a sábado.

Operaciones Dentro de la Cantera

La cantera tiene prioridad la trituración y envío de la materia prima al salón de materiales, pero para lograr esto hay que realizar tareas.

Una de estas actividades es el acopio de las diversas margas en puntos estratégicos que permitan realizar mezclas de estas, para obtener calidades designadas para el proceso, y la preparación de correctores, remoción y transporte desechos mineros, adecuación de las vías, etc.

Estudio de Consumos de Materia Prima

Como bien se ha descrito, el proceso de trituración tiene unas metas de producción las cuales están fijadas por los procesos contiguos de producción (clinkerización, cemento), (ver Tabla 3), esto nos permitirá conocer si existen sobre producciones en el proceso.

Tabla 3*Consumos diarios de materia prima planta Tolú Viejo*

Fecha:02/09/2023

Equipo	Tpd	F. c/c	Harina requerida	%	Caliza	%	Mezcla
Ho1	830	1,62	1345	66,9%	900	40,7%	547
Ho2	630	1,62	1021	66,9%	683	40,7%	415
Cem1	335	0	0	100%	335	0%	0
Cem3	200	0	0	100%	200	0%	0
Total			2365		2117		963

Nota. Informe consumo de materia prima en un día óptimo en operación de la planta. *Fuente.*

Autor

Para obtener el Clinker es necesario una harina, la cual es una combinación entre las calizas y las mezclas trituradas con porcentajes que pueden variar dependiendo la calidad de las materias primas, así mismo esta tiene F.c/c que se da por las altas temperaturas que es sometida en el proceso de clinkerización.

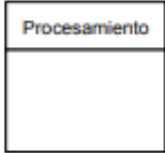

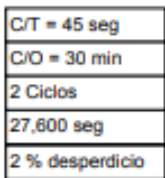

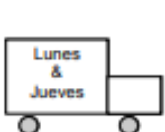

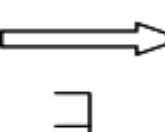

Para el proceso del cemento solo es necesario una adición de caliza que busca darle mayor densidad al producto final y también depende de la calidad del Clinker que se va a usar.



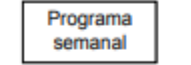








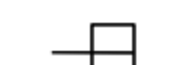
Mapeo de Flujo de Valor de Trituradora Laron

Finalmente, se desarrolla el mapa de flujo con un paso a paso que busca sintetizar los procesos mostrando los datos más relevantes. Para ello es necesario saber que un mapa de flujo de valor no es más que una representación gráfica (ver Figura 14) de los procesos en una cadena productiva.

Figura 14

Simbología VSM

Materiales	Representa	Cómo Usarlo
	<p>Proceso de producción o realización del servicio.</p> <p>Un proceso, máquina, departamento, u operación. El número representa la cantidad de máquinas, departamentos, etc.</p>	<p>Un cuadro de proceso es igual a un área de flujo. Todos los procesos deben ser etiquetados.</p> <p>También se utiliza para los departamentos, tales como Control de Producción.</p>
	<p>Fuentes externas.</p> <p>Normalmente se utiliza en el inicio del proceso para representar un proveedor y al final de un proceso para representar al cliente.</p>	<p>Se utiliza para mostrar a los clientes, proveedores y procesos de fabricación fuera de la organización, incluye procesos subcontratados al exterior. Se anota el nombre de cliente o proveedor.</p>
	<p>Recuadro de datos.</p> <p>Indica información necesaria mas importante sobre otro icono.</p>	<p>Se utiliza para registrar la información clave y relativa a un proceso de fabricación, departamento, cliente, etc. Se anota sólo los datos necesarios ligados a las capacidades o restricciones del procesamiento.</p>
	<p>Inventario. Punto de acumulación de material por interrupción de flujo.</p> <p>Inventario almacenado entre dos procesos.</p>	<p>Se anota la cantidad de unidades (piezas) y los días de stock.</p>
	<p>Envíos externos (unidad de transporte)</p>	<p>Se anota la frecuencia de los envíos.</p> <p>Los envíos de los proveedores o los clientes que utilizan transporte externos, tal como un camión.</p>
	<p>El movimiento de material de producción por empuje (PUSH)</p>	<p>El material que se produce y se adelantó antes, al siguiente proceso que lo necesita: Por lo general, sobre la base de un horario</p>
	<p>El movimiento de materiales al siguiente paso del proceso</p>	<p>Las materias primas que vienen de un proveedor o el movimiento de productos terminados al cliente.</p>
	<p>Supermarket (supermercado)</p>	<p>Un inventario controlado de materiales, es como un inventario de estantería. Se anota la cantidad disponible.</p>

Información	Representa	Notas
	Flujo manual de información, tales como notas o informes.	Ejemplos: Plan de producción o programa de envíos.
	Flujo electrónico de información, como el intercambio electrónico de datos (Sistemas ERP, GMAO...) o	Ejemplo: Informática / Base de datos / Email
	Información	Describe un flujo de información concreta. Se anota el título del documento.
	Kanban Producción (la línea punteada indica el recorrido kanban)	Una tarjeta o dispositivo que le dice a un proceso que esta "OK" para producir "qué" y la "cantidad" que se necesita producir y entregar.
	Retirada Kanban	Tarjeta o dispositivo que indica al manejador de materiales que debe obtener y transferir partes.
	Señal Kanban	El Kanban "por lotes". Señala cuando se alcanza un punto de pedido y otro lote debe ser producido.
	Tarjetero Kanban	Indica lugar donde se recogen y llevan a cabo para el transporte kanbans
Iconos generales	Representan	Notas
	"Kaizen Burbuja de mejora"	Indica necesidades de mejora en el proceso
	Buffer o Inventario de seguridad	"Buffer" o "Safety Stock" las cantidades deben ser anotadas
	Operador	Representa personas vistas desde arriba, las cantidades deben ser anotadas
	Horas consumidas / horario / línea de tiempo	Muestra los momentos en el que el proceso añade valor al producto y los tiempos de espera.
	Tiempo total	Muestra el tiempo total en el que el proceso aporta un valor añadido al producto y los tiempos totales de espera.

Fuente. Jiménez y Jiménez (2014)

Paso 1

Es importante saber que, para el proceso de trituración de la cantera, los clientes directos son los molinos de crudo y cemento. Los cuales exigen una demanda que se detalla a continuación.

Tabla 4*Demanda del cliente*

Demanda mensual	
Valor	Unidad
92400	Toneladas/mes
24	Días
3850	Toneladas/día

Nota. Los valores pueden variar según el mes en que se apliquen. Autoría propia. *Fuente.* Autor

Pasó 2

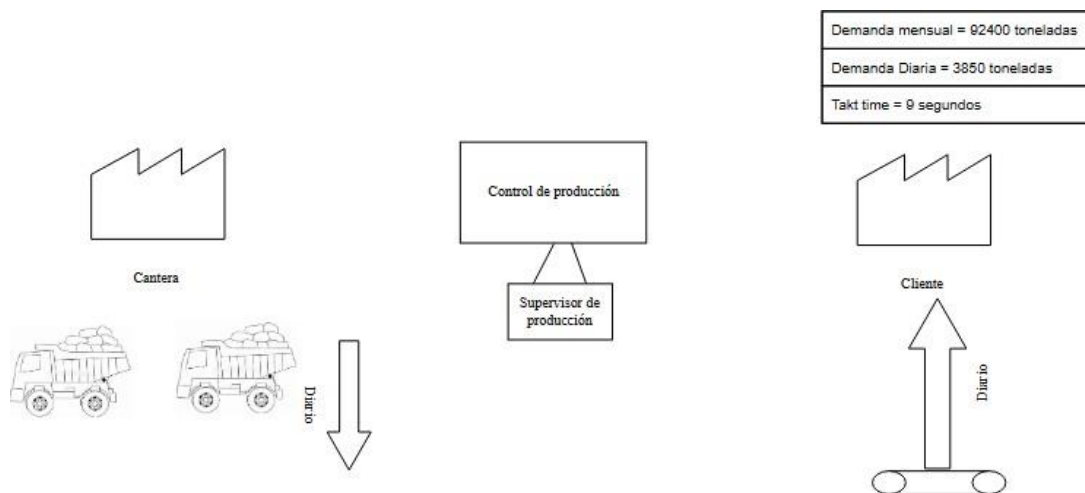
En la metodología VSM es vital importancia calcular el takt time para poder saber la velocidad y el tiempo en que los clientes requieren el producto, a continuación, se muestran los cálculos para obtenerlo.

Tabla 5*Takt time de trituradora Laron*

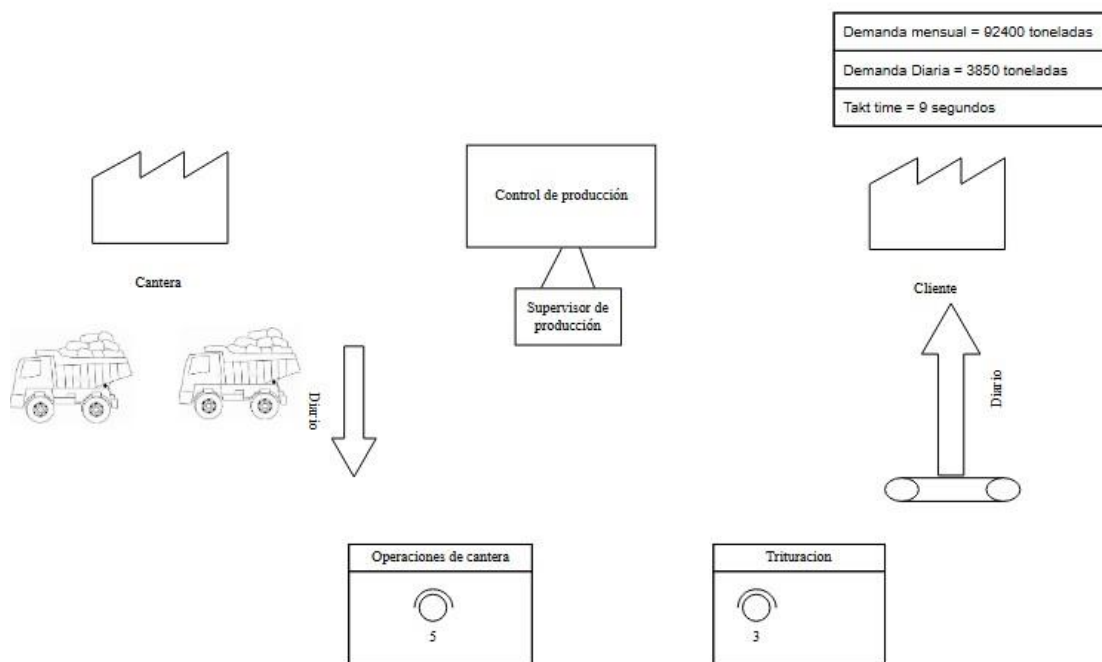
Takt time			
Variable	Operación	Resultados	Medidas
Jornada laboral		8	horas
Tiempo no productivo		3	horas
Número de turnos		2	diario
Días horas por mes		24	días
Demanda mensual		92400	toneladas
Tiempo disponible	2(8h-3h)	10	horas
Tiempo disponible	10h*60min	600	min por día
Tiempo disponible	600min*60s	36000	segundos por día
Demanda diaria	92400/24	3850	toneladas por día
Tiempo takt segundos	36000s/día/3850	9	segundos/toneladas

Nota. En el takt time vemos la producción requerida para cumplir con la demanda. *Fuente.* Autor

Los datos anteriores dieron como resultado una disponibilidad de 36000 segundos/día, con una producción de 3850 toneladas/día y finalmente el takt time será de 9 segundos/toneladas, en otras palabras, es necesario que cada 9 segundos se triture una tonelada lo para satisfacer la demanda de los clientes con esta información se inicia con el grafico (ver Figura 15).

Figura 15*Mapeo de flujo de valor #1**Fuente. Autoría propia***Paso 3**

Ahora se agregan los dos procesos principales, (ver Figura 16): el primero, operaciones de la cantera, que se dividen en extracción, cargue y transporte de materiales, para lo cual es necesario 5 operarios; por otra parte, la trituración requiere un personal mínimo de 3 operarios que se dividen entre dos ayudantes y uno en la sala de control.

Figura 16*Mapeo de flujo de valor #2*

Fuente. Autoría propia

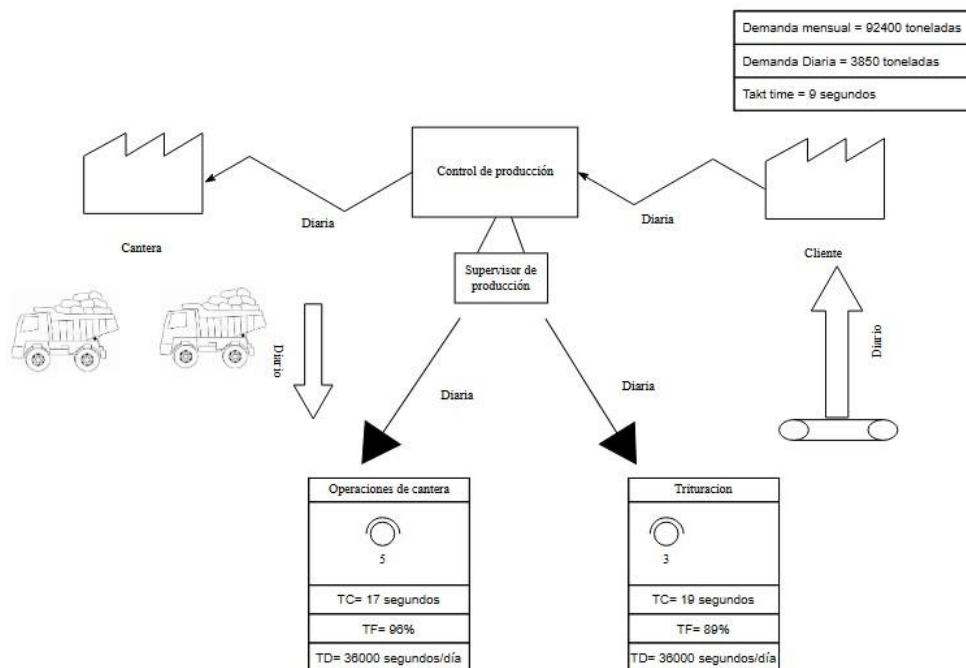
Pasó 4

A continuación, se agrega la casilla de datos relevantes de los procesos (ver Figura 17), entre estos:

Tiempo de ciclo (TC): es lo que se tarda para producir la demanda.

Porcentaje de funcionamiento (TF): el porcentaje de funcionamiento de los equipos en el proceso.

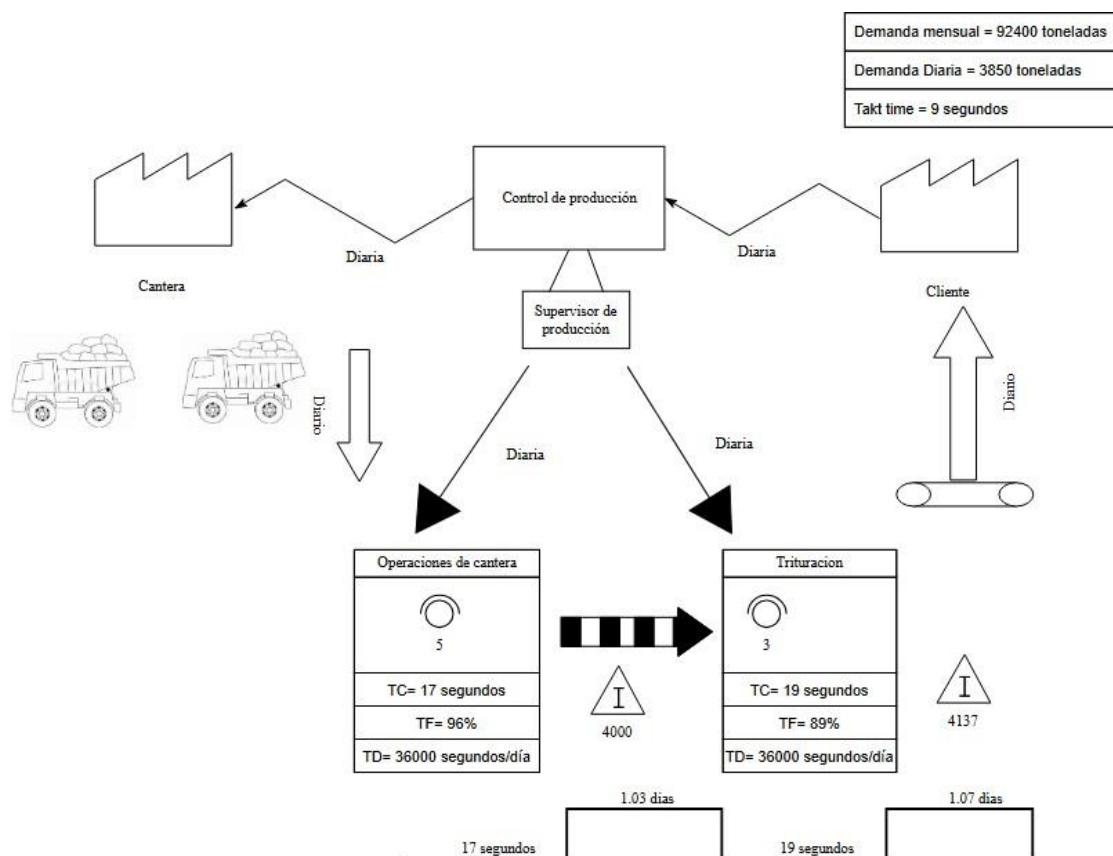
Tiempo disponible (TD): es el tiempo utilizable para la operación.

Figura 17*Mapeo de flujo de valor #3**Fuente. Autoría propia***Paso 5**

Se interconectan los procesos y se agregan los inventarios en cada etapa, además en la interconexión entre los procesos se usa el método push (ver Figura 18) en el cual se adelanta los pedidos antes que otro proceso lo necesite.

Figura 18

Mapeo de flujo de valor #4



Fuente. Autoría propia

Paso 6

Lo primero conocer cada una de las métricas en los procesos (ver Tabla 6), seguido iniciar con la asignación y cálculo de los valores de cada una de estas (ver Tabla 7 y Tabla 8)

toda la información obtenida se usa para la representación de los valores en el VSM final, de allí saber las condiciones actuales en que se encuentra cada uno de los procesos (ver Figura 19).

Tabla 6

Definición de métricas

Descripción	Símbolo	Notas
Numero de turnos	NT	Cantidad de turnos requeridos en el proceso
Jornada laboral	JL	Horas definidas para un turno
Tiempo inefectivo	TI	Tiempo de no producción
Tiempo disponible	TD	Tiempo definido para la operación
Producción bruta	PB	Cantidad de producción por máquina del proceso
Numero de maquinas	NM	Cantidad de máquinas del proceso
% de funcionamiento	TF	% de funcionamiento de las maquinas
Producción real	PR	Producción por turnos
Tiempo de ciclo	TC	Tiempo usado en cada proceso para producir el pedido
Tiempo de cambio de materiales	TCP	Tiempo usado para hacer cambio de materiales
Numero de operarios	NO	Personas requeridas para un proceso
Demanda diaria	DD	Cantidad de toneladas que se deben producir por día
Lead time	LTI	Tiempo que se empleó desde que se inició el pedido hasta que se entregó en cada proceso
Tiempo de valor agrado	TVA	Tiempo que se usa en la producir el pedido
Tiempo de valor no agregado	TNVA	Tiempo que transcurre desde el pedido hasta la producción de este
Tiempo total	TT	Tiempo global de producción

Touch time	TUO	Porcentaje real del equipo para desarrollar el pedido
------------	-----	---

Nota. Guía práctica para conocer los parámetros de las métricas. *Fuente.* Autor

Tabla 7

Ecuaciones para las métricas

Descripción	Formula
TD	$(JL-TI) * NT * 60 * 60$
PR	$PB * NM * TF$
TC	TD / PR
DD	DM / DH
LTI	INV / DD
TVA	$\sum(TC)$
TNVA	$\sum(LTI)$
TT	$TVA + TNVA$
TOU	TVA / TT

Nota. La formulas indican las operaciones definidas para hallar sus valores. *Fuente.* Autor

Tabla 8

Métricas de producción

Descripción	Símbolo	Umd	Operaciones de cantera	Trituración
Numero de turnos	NT	Unidad	2	2
Jornada laboral	JL	Horas/turno	8	8
Tiempo inefectivo	TI	Horas/ turno	3	3
Tiempo disponible	TD	Segundos/días	36000	36000
Producción bruta	PB	Toneladas/día	1080	2110
Numero de maquinas	NM	Unidad	2	1
% de funcionamiento	TF	%	96%	89%
Producción real	PR	Toneladas/turno	2074	1878
Tiempo de ciclo	TC	Segundos/toneladas.	17	19
Tiempo de cambio de materiales	TCP	Minutos	10	15
Numero de operarios	NO	Unidad	5	3

Nota. NM de las operaciones de la cantera es el mínimo de equipos para una óptima operación.

Fuente. Autor

De lo anterior, se sabe que los dos procesos tienen dos turnos de operación, cada uno de 8 horas por turno, en los que hay paradas de hasta 3 horas aproximadamente, en las operaciones de la cantera los equipos de transporte son dos máquinas con una producción de 1080 por camión en un TC de 17 segundos por toneladas, y la trituradora puede procesar hasta 1878 por turno con TC de 19 segundos por tonelada.

Tabla 8

Lead time

Descripción	Símbolo	Umd	A1	A2
Inventario	INV	toneladas	4000	4137
Lead time	LTI	días	1,038	1,074

Nota. Lead time está expresado en una unidad de tiempo de día. *Fuente.* Autor

El proceso A1 (operaciones de la cantera) logra un inventario de 4000 toneladas en 1,03 días, de igual forma A2 (trituración) acumula un inventario de 4137 toneladas en 1,07 días aproximadamente (ver Tabla 8).

Tabla 9

Touch time

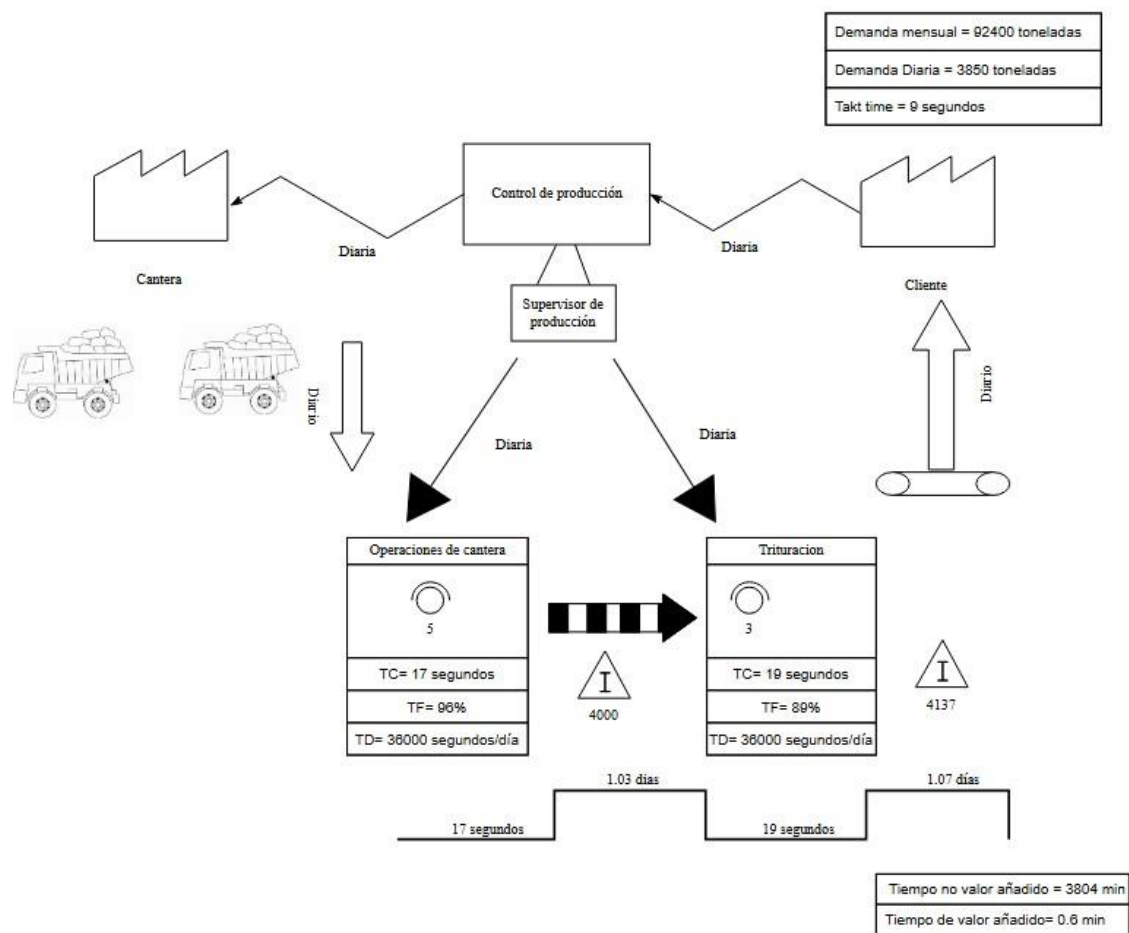
Descripción	Símbolo	Valor	Umd
Tiempo de valor agregado	TVA	0,6	minutos
Tiempo no valor agregado	TNVA	3041	minutos
Tiempo total	TT	3041,6	minutos
Touch time	TOU	0,0197%	%

Nota. Todas las métricas son transformadas a la unidad de tiempo minutos. *Fuente.* Autor

El tiempo de valor agregado es de 0,6 minutos y se obtuvo de la sumatoria de los TC, el tiempo no valor añadido es de 3041 minutos que es la sumatoria del lead time, con un touch time de 0,0197% que se calcula a partir del cociente entre el tiempo total y el tiempo de valor agregado lo cual indica el porcentaje real en que el equipo de trabajo desarrolla el pedido requerido (ver Tabla 9).

Figura 19

Mapeo de flujo valor final



Fuente. Autoría propia

Las frecuencias de tiempos de toda la cadena productiva se desarrollan diariamente desde el pedido del cliente, el procesamiento de la información, la ejecución y entregas de la producción. Los procesos tienen disponibilidad de 36000 segundos, en las operaciones de la cantera su porcentaje de funcionamiento es del 96 %, además, cada 17 segundos se procesa una tonelada de materiales y se obtiene una producción de 4000 toneladas en 1,03 días, en trituración

el porcentaje de funcionamiento es del 89 %, y cada 19 segundos se procesa una tonelada obteniendo una producción de 4137 toneladas cada 1,07 días, entregadas por bandas transportadoras al cliente (ver Figura 19).

Análisis de Mudras de Producción

De acuerdo con lo establecido en la metodología lean manufacturing, existen 7 mudras de producción, que van de la mano con la herramienta Kaizen, posteriormente se realiza un análisis, que se profundizará en relación con los procesos específicos de estudio.

Estudio de Producción Operaciones de Cantera

La trituradora Laron como equipo principal del proceso de trituración se le hace un seguimiento, a través de una serie de datos (ver Apéndice A hasta Apéndice F) con el fin de ejercer control y cumplir con las metas propuestas.

Todos estos datos permiten conocer el comportamiento de la producción durante una semana (ver Tabla 10 y Figura 20).

Tabla 10

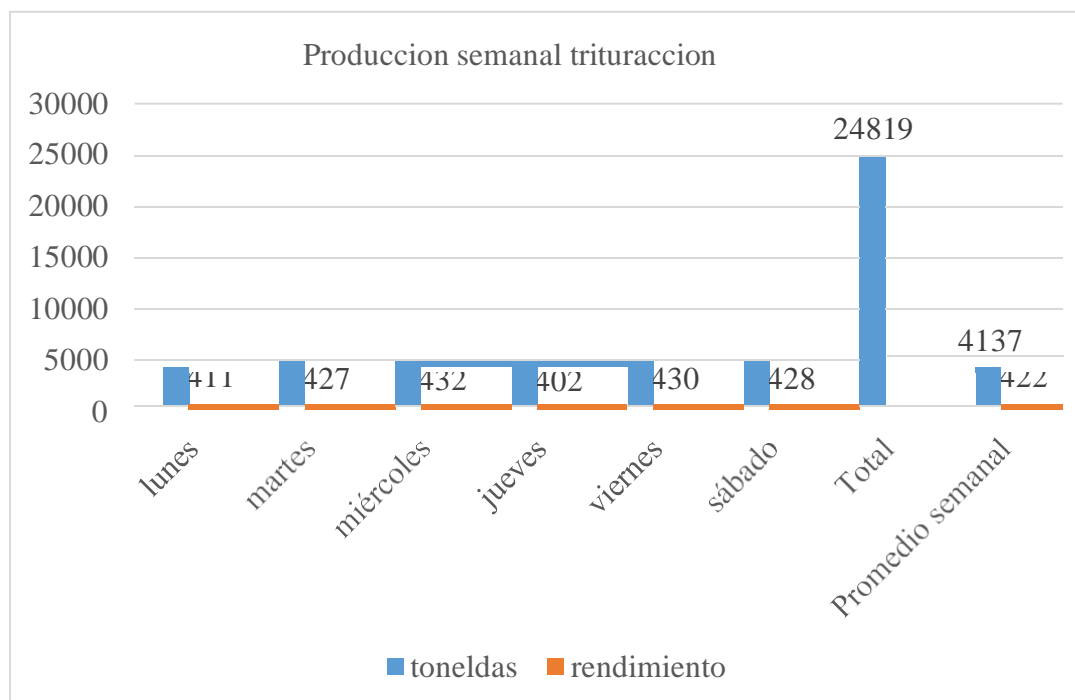
Producción semanal trituradora Laron

Semana	Toneladas	Rendimiento t/h
Lunes	3264	411
Martes	4372	427
Miércoles	4022	432
Jueves	3941	402
Viernes	4730	430
Sábado	4490	428
Total	24819	
Promedio semanal	4137	422

Nota. El promedio y total de toneladas semanales se usan para las programaciones de la operación de la cantera. *Fuente.* Autor

Figura 20

Grafico Producción semanal de la trituradora Laron



Fuente. Autoría propia

Analizando la información de la producción en primera instancia parece que se cumple con las metas (ver Tabla 10) sin embargo cuando se revisa todo el panorama completo se encuentra inconsistencias que explicaremos a continuación.

La demanda mensual es de 92400 toneladas lo que implica que los requerimientos semanales son alrededor de 23100 toneladas, el reporte semanal de producción (ver Figura 20) dice que se logró triturar 24819 toneladas lo que muestra que estamos 1719 toneladas por encima de la meta, hasta esta instancia podríamos decir que la empresa tiene una sobreproducción, no obstante, más adelante aparece el reporte de las toneladas trituradas de mezclas (ver Tabla 11) es aquí donde existe el problema, ya que para lograr triturar estas mezclas es necesario realizar un

transporte de materiales a un acopio determinado, lo cual implica realizar 3,5 turnos de transportes (ver Tabla 12) y como solo se hace una operación a la vez es necesario detener la operación de trituración para los turnos requeridos, haciendo el cálculo

$$\frac{\text{producción semanal}}{\text{numero de turnos}} = \frac{4137}{2} = (2069) \times 3.5 = 7240 \text{ determinamos entonces que no se triturar alrededor de}$$

7240 toneladas para realizar ese transporte, se obtiene entonces una producción de 17579 toneladas semanales lo que está muy por debajo de las metas, en consecuencia se deben usar turnos extras para realizar el transporte y poder cumplir con la meta.

Tabla 11

Materia prima de las mezclas

Fecha:02/09/2023

Semana	toneladas	%	Margas	%	Limolita	%	Corrector
Lunes	1343	0,7	940	0,25	336	0,05	67
Martes	1735	0,7	1215	0,25	434	0,05	87
Miércoles	1291	0,7	904	0,25	323	0,05	65
Jueves	1113	0,7	779	0,25	278	0,05	56
Viernes	982	0,7	687	0,25	246	0,05	49
Sábado	1645	0,7	1152	0,25	411	0,05	82
Total	8109		5676		2027		405

Nota. Los porcentajes de los materiales pueden variar la cantidad según la necesidad de la

calidad. *Fuente.* Autor

Tabla 12*Turnos de transporte*

Fecha:02/09/2023

Materiales	Cantidad de turnos	Toneladas	Demanda semanal	Turnos requeridos
Margas	1	2500	5676	2,3
Limolitas	1	2000	2027	1,0
Corrector	1	2000	405	0,2
Total		6500	8108	3,5

Nota. La cantidad de turno corresponde a un turno normal de 8 horas. *Fuente.* Autor

El transporte de estos materiales implica todo un proceso, primeramente, el supervisor se dirige al frente de trabajo a para revisar la zona de extracción con los operadores, luego estos llevan la maquinaria amarilla (ver Figura 7), seguido le da la orden por radio al operador del cargador (ver Figura 9) y se le indica el frente a los operadores de camión (ver Figura 10) donde se va a llevar el material, luego el supervisor se dirige hacia la zona para mostrar el lugar descargue; en ocasiones se debe usar el otro tractor para ir apilando el material transportado.

Transportes de materiales: esta operación depende de los materiales que se vayan a transportar. Las margas suelen estar en el frente uno, ubicado a menos de un kilómetro patio de acopio, para lo que hay que contar con dos camiones de transporte, un cargador, dos equipos tractores uno para la extracción y otro para apilar los materiales. En el acceso de la limita es más complejo ya que está ubicada en el frente tres el cual está a una distancia de tres kilómetros aproximadamente del sitio de acopio y sus vías de acceso no están en óptimas condiciones lo cual hace que el transporte se pierda tiempo, además es necesario utilizar los tres equipos de transporte, el cargador, los dos tractores y el camión de riego, todo esto lleva un mayor costo de operación. Para el corrector solo es necesario un camión y el cargador, por lo general solo se

transporta dos baldes de hierro y lo demás se adiciona en la zona de acopio donde el cargador realiza solo labores de homogenización con los materiales que se designen dependiendo la necesidad de la calidad.

Movimientos innecesarios de trabajadores: en la operación minera es importante tener claro las tareas que se van a realizar, sin embargo, el llevar a los operadores de un frente a otro para designar labores puede ser algo innecesario, si nos movemos desde la zona de parqueo hasta el frente tres que es el lejano se gasta un tiempo aproximado de 15 minutos lo que implica un retraso en la operación.

Estudio Tiempos de Espera en Trituración

La trituradora es la máquina más importante en el proceso de trituración, por lo tanto, es de vital importancia que en cada turno de producción se encuentre el mayor tiempo posible en operación y que no tenga que “esperar”, por diferentes motivos, para funcionar. Teniendo en cuenta lo anterior, se recolecto información del proceso para identificar los tiempos muertos datos (ver Apéndice G hasta Apéndice R).

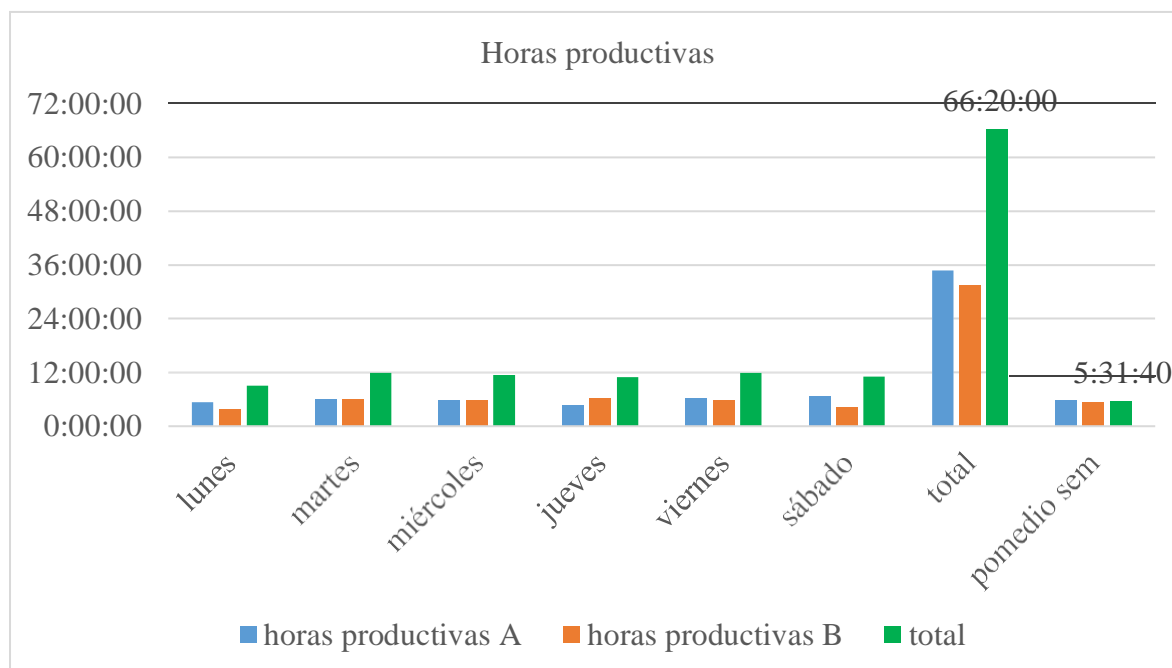
Tabla 13*Horas productivas trituración*

Semana	horas productivas A	horas productivas B	total
Lunes	5:20:00	3:40:00	9:00:00
Martes	5:55:00	6:00:00	11:55:00
Miércoles	5:45:00	5:42:00	11:27:00
Jueves	4:45:00	6:15:00	11:00:00
Viernes	6:11:00	5:43:00	11:54:00
Sábado	6:49:00	4:30:00	11:19:00
Total	34:45:00	31:50:00	66:35:00
Promedios semanales	5:47:30	5:15:50	5:31:40

Nota. Se muestra el promedio de horas productivas de los dos turnos en una semana. *Fuente.*

Autor

Se identifica entonces que los datos con respecto a las horas productivas están en un promedio por debajo de las 6 horas (ver Tabla 13) esto indica ineficiencias en el proceso y hace muy necesario conocer el comportamiento de cada uno de los turnos (ver Figura 21) para tener una mejor perspectiva de la situación.

Figura 21*Gráfico horas productivas trituraciones*

Nota. Colores azul y naranja referencian los turnos A y B y el verde muestra las horas productivas. *Fuente.* Autor

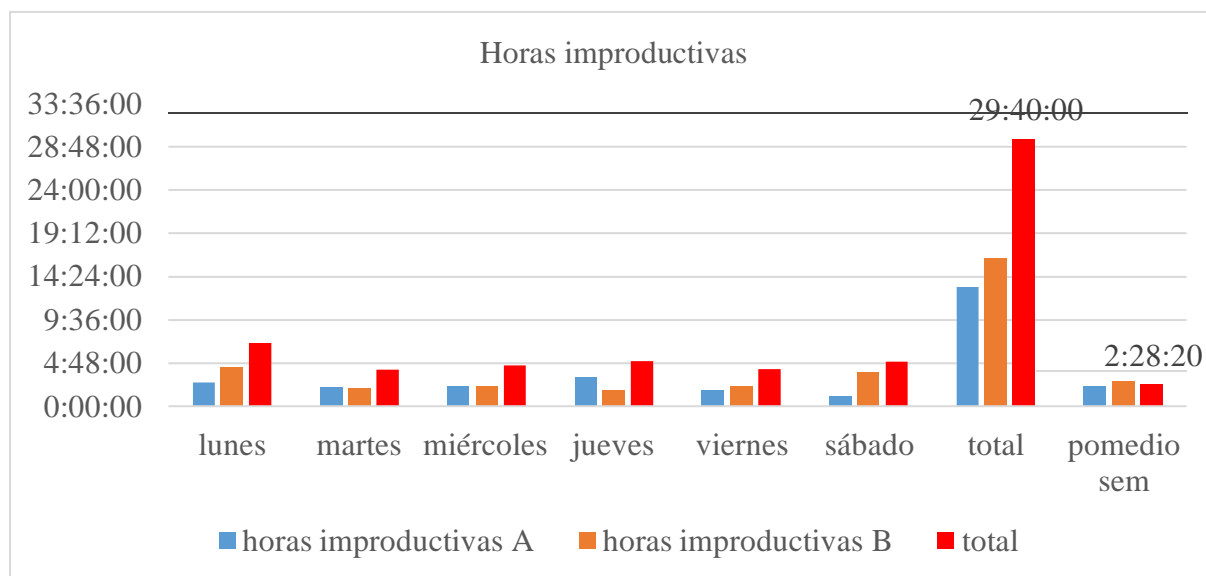
Tabla 14*Horas improductivas trituración*

Semana	Horas improductivas A	Horas improductivas B	Total
Lunes	2:40:00	4:20:00	7:00:00
Martes	2:05:00	2:00:00	4:05:00
Miércoles	2:15:00	2:18:00	4:33:00
Jueves	3:15:00	1:45:00	5:00:00
Viernes	1:49:00	2:17:00	4:06:00
Sábado	1:11:00	3:30:00	4:41:00
Total	13:15:00	16:10:00	29:25:00
promedios semanales	2:12:30	2:44:10	2:28:20

Nota. Se muestra el promedio de horas improductivas de los dos turnos en una semana. *Fuente.*

Autor

Con lo que respecta a las horas improductivas el promedio semanal está por encima de las 2 horas (ver Tabla 14), indicando pérdidas de tiempo mayores a 29 horas en una semana normal (ver Figura 22), lo cual se traduce en desperdicios productivos que impactan directamente en los costos de operación del proceso.

Figura 22*Gráfico horas improductivas trituraciones**Fuente. Autoría propia***Tabla 15***Hora reales trituradora Laron*

Semana	Horas reales
Lunes	7,9
Martes	10,23
Miércoles	9,3
Jueves	9,8
Viernes	11
Sábado	10,5
Total	58,73
Promedio semanal	10

Nota. Las horas reales son los tiempos donde la cinta placa estuvo alimentando. Fuente. Autor

De los datos (Tabla 15) se puede deducir que las horas productivas en promedio son 5,31, inferior al estándar de superar las 6 horas requeridas para producir equipos. Por otro lado, las horas improductivas se sitúan en un promedio de 2,30, una cifra algo elevado para esta métrica en particular, que idealmente no debería superar las 2 horas. Después de esta información, las horas reales reflejan los niveles de eficiencia con los que funciona el equipo, específicamente en términos de operatividad de producción. Los datos indican un promedio de 10 horas diarias, teniendo en cuenta esto se infiere que en cada turno la productividad es de 5 horas. Estos hallazgos sugieren que los ajustes son necesarios para alinearse con los objetivos de la empresa.

Espera: Los datos obtenidos muestran claramente que se están presentado tiempos muertos que atrasan o paran la producción de esta manera describiremos cada uno de estos paros a continuación:

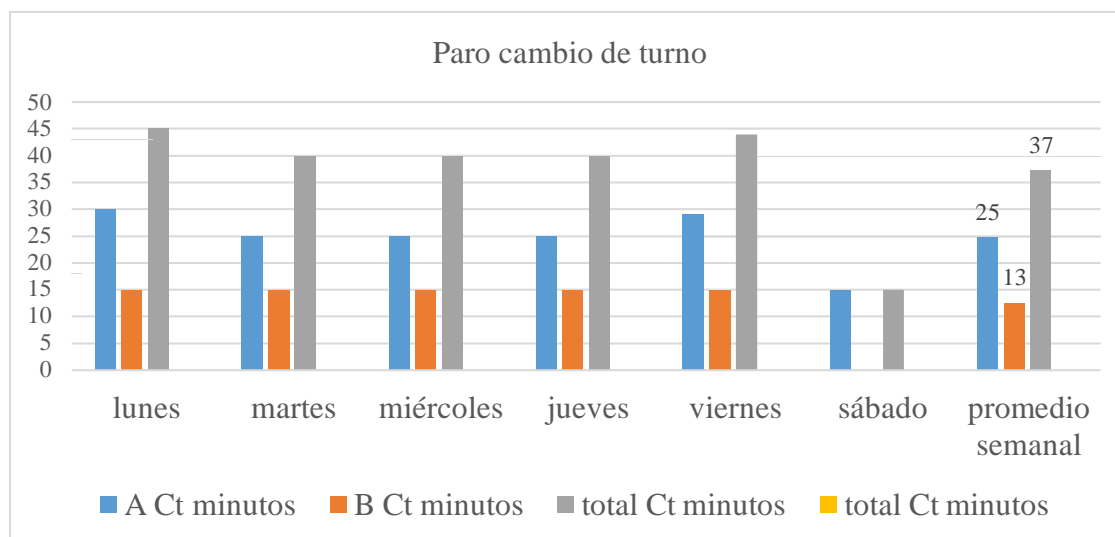
Tabla 16

Paro cambio de turno

Turno	Paro	Umd	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Promedio semanal
A	Ct	minutos	30	25	25	25	29	15	25
B	Ct	minutos	15	15	15	15	15	0	13
total	Ct	minutos	45	40	40	40	44	15	37

Nota. Los cambios de turno son tiempos para que el personal llegue al área de trabajo. *Fuente.*

Autor

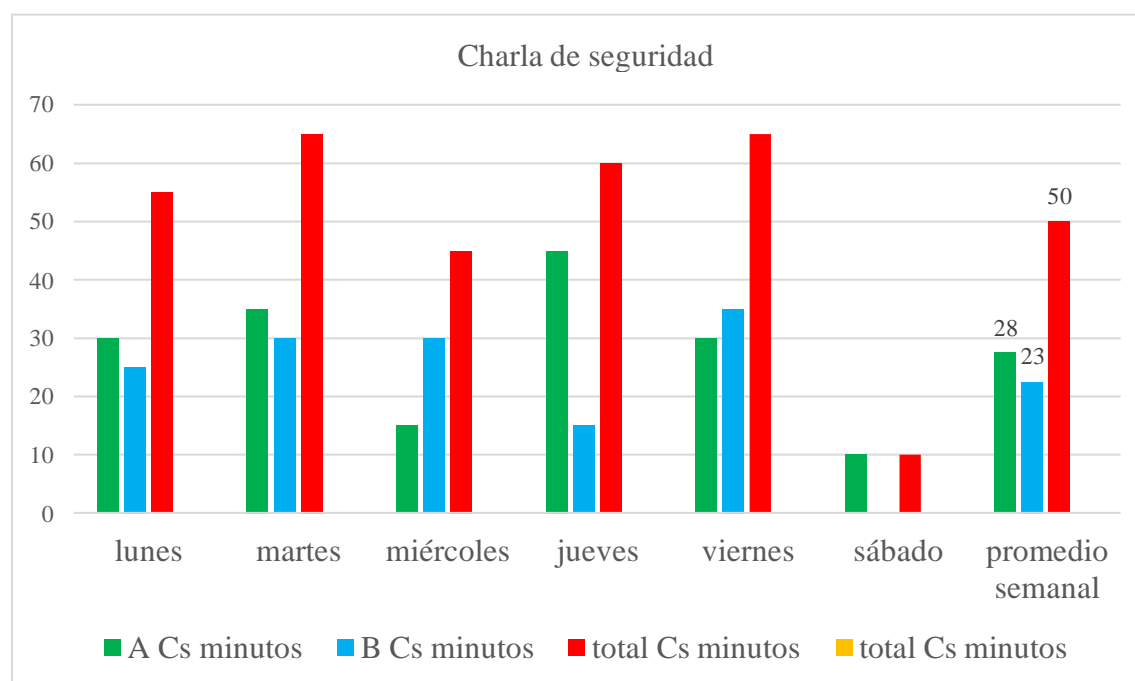
Figura 23*Grafico para cambio de turno**Fuente. Autoría propia*

Con lo anterior se puede afirmar que se pierden aproximadamente 37 minutos durante este cese (ver Tabla 16). Según las conclusiones recogidas al indagar con los colaboradores, se postula que se tardan 6 a 8 minutos en las actividades de aseo personal al principio o al final de la jornada laboral. Además, por la ubicación de la cantera en la parte trasera de la instalación, los empleados usan de 9 a 12 minutos para desplazarse al área de trabajo designada esto equivale un 50% del tiempo paro (ver Figura 23).

Tabla 17*Paro charla de seguridad*

Turno	Paro	Umd	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Promedio semanal
A	Cs	minutos	30	35	15	45	30	10	28
B	Cs	minutos	25	30	30	15	35	0	23
total	Cs	minutos	55	65	45	60	65	10	50

Nota. Los tiempos de seguridad son directrices de la empresa. *Fuente.* Autor

Figura 24*Gráfico paro charla de seguridad*

Fuente. Autoría propia

Se observa en (Tabla 17) que a los debates sobre seguridad se gastan aproximadamente 50 minutos diarios. Aunque es una norma empresarial reserva tiempo para los debates sobre

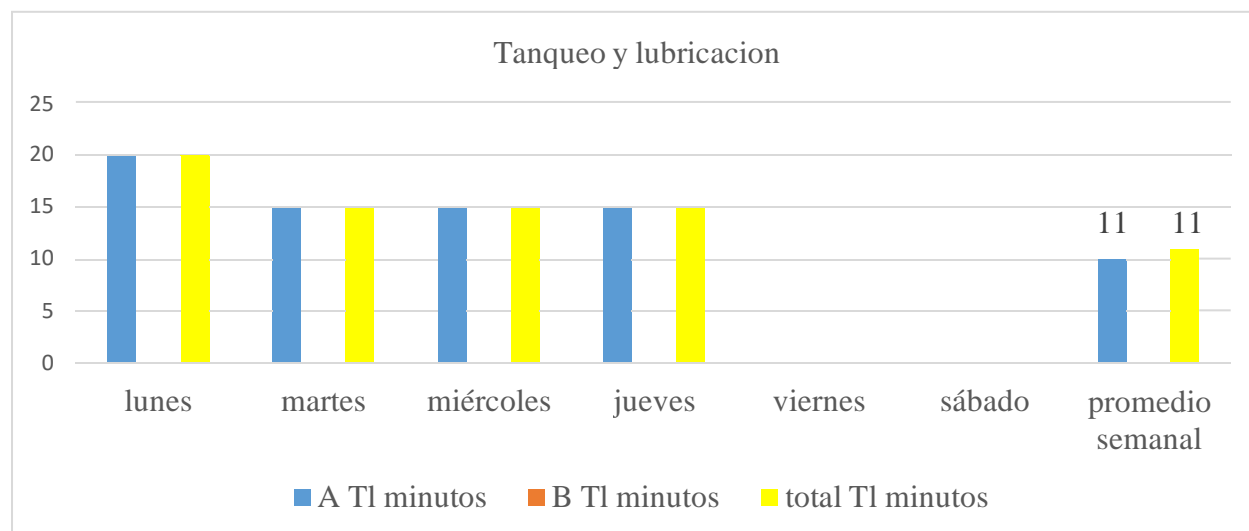
salud y seguridad en el trabajo, formalmente solo se deben usar 5 minutos a temas relacionados con la salud. Muchos miembros del equipo coinciden en que estas discusiones tienden a elaborarse por la naturaleza atractiva de los temas discutidos. Creen que estos diálogos ayudan a aumentar su conciencia sobre diversos asuntos de salud y seguridad, contribuyendo así a la mejora continua de su bienestar. Además, las conversaciones también abarcan debates sobre las directrices y los calendarios diarios de las operaciones de la cantera (ver Figura 24).

Tabla 18

Paro tanqueo y lubricación

Turno	Paro	Umd	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Promedio semanal
A	Tl	minutos	20	15	15	15	0	0	11
B	Tl	minutos	0	0	0	0	0	0	0
total	Tl	minutos	20	15	15	15	0	0	11

Nota. El tanqueo generalmente se realiza en la jornada de la mañana. *Fuente.* Autor

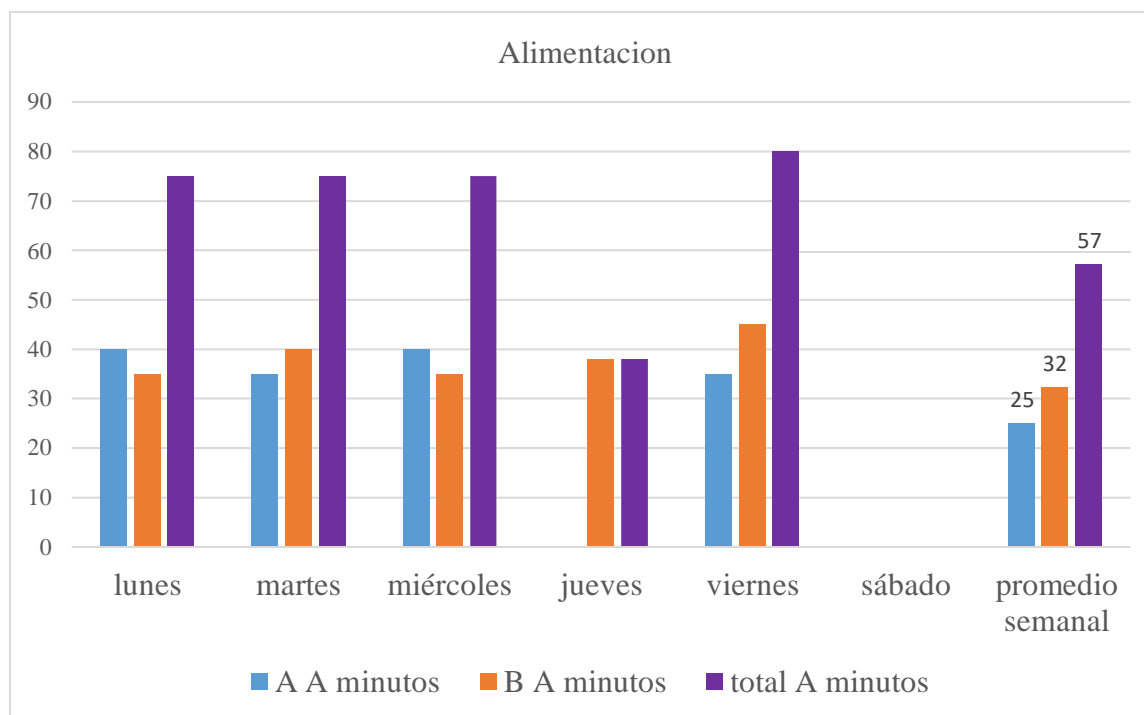
Figura 25*Gráfico para tanqueo y lubricación**Fuente. Autoría propia*

Este paro específicamente va dirigido al llenado de combustible y lubricación de la maquinaria, los camiones como son modernos cuentan con sistemas de lubricación automática sin embargo deben acercarse a la bomba de llenado que les suministra el combustible eso implica un tiempo de 5 a 10 minutos (ver Tabla 18), por otro lado, el cargador y los tractores esperan en el área de parqueo el camión de lubricación el cual realiza su lubricación y tanqueo, en ocasiones tardan hasta 20 minutos esta información relevante (ver Figura 25).

Tabla 19*Paro alimentación*

Turno	Paro	Umd	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Promedio semanal
A	A	minutos	40	35	40	0	35	0	25
B	A	minutos	35	40	35	38	45	0	32
total	A	minutos	75	75	75	38	80	0	57

Nota. La parada de alimentación está dada por la convención colectiva. *Fuente.* Autor

Figura 26*Gráfico para alimentación**Fuente. Autoría Propia*

El promedio semanal para los dos turnos es bueno, esto ocurre porque no se considera el jueves del turno A (ver Tabla 19), ya que hay una avería y el sábado los colaboradores se alimentan en las maquinas (acuerdos con los jefes para salir antes). El personal se encuentra a casi 35 minutos en la zona de alimentación, y para recibir el servicio casi siempre en el turno A

se presenta congestión por los demás procesos, por lo que se recibe la comida unos 6 minutos más (ver Figura 26).

Estudio de Operación de la Trituradora

La herramienta Kaizen que traducido a nuestro idioma no es más que la mejora continua, plantea unos lineamientos que se usaran para identificar problemática del proceso.

Se inicia conociendo las capacidades de la maquina (ver Tabla 20), para así comparar con los rendimientos actuales (ver Tabla 10) esto permite saber que siendo su capacidad máxima de 600 toneladas/hora en comparación de 422 toneladas/hora en promedio su capacidad actual existe oportunidades de mejora. Lo siguiente es conocer las secuencias operativas de máquina (ver Figura 27) y los equipos que la conforman (ver Tabla 21). Luego se realizan entrevistas al personal operativo, el cual informa que el motor de la banda 124 (banda hacia la zaranda) no tiene la capacidad de arranque después de una parada súbita, es decir que no puede con su carga nominal (peso de la banda + peso de material en toda la superficie de la banda) esto implica problema por que limita el rendimiento de la trituradora, también se nos informó que el motor que usa la banda en la actualidad no es el original con el que inició las operaciones la trituradora, sino que es un reemplazo que se hizo por una avería del anterior.

Se verifico la información suministrada por lo operarios de la sala de control de trituradora, revisando los límites de corriente, térmico y tiempo de trabajo (ver Figura 28) , además de hacer un toma de datos de las tendencias de variación de carga del motor Mo-020 banda 124 (ver Tabla 22) esto evidencia que existen limitaciones de este motor cuando las toneladas están por encima de 480 toneladas/hora (ver Figura 29) toda esta información que recopila permite corroborar que hay un cuello de botella en el proceso (ver Figura 30),

específicamente en la banda hacia la zaranda lo cual evita que se pueda aumentar el rendimiento de la máquina.

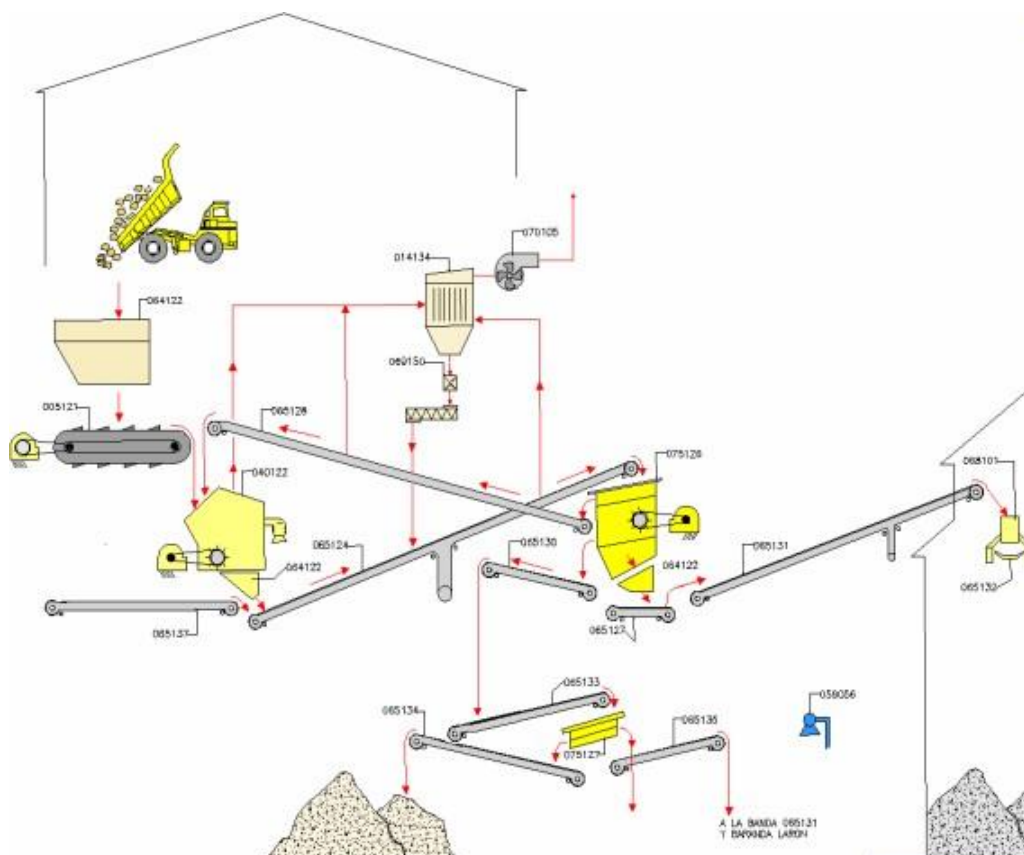
Tabla 20

Especificaciones trituradora Laron

Fecha:02/09/2023

Descripción	Especificaciones
Modelo	Lau IM-16R
Potencia	530-735 KWH
Velocidad del rotor	350 RPM
Velocidad periférica	35,7 metros por segundo
ancho del rotor	2180 mm
tipo de placa	impacto
barras de choque	18 unidades
capacidad	400-700 TPH
boca de entrada	2320x1700 mm
alimentación	3000 kg
materiales	áridos
humedad	7,0%

Nota. Características de la trituradora Laron Valle, A (2011 p.2).

Figura 27*Diagrama operativo Laron*

Fuente. Valle, A (2011 p.7).

Tabla 21*Equipos trituradora Laron*

Código del Equipo	Nombre del equipo	Potencia(kW)
MO-017	Accionamiento principal	395,36
MO-018	Motor banda larga al Salón	74,60
MO-024	Motor ventilador filtro	74,60
MO-023	Motor cinta placas	37,30
MO-025	Motor banda a zaranda.	37,30
MO-395	Banda a zaranda principal.	37,30
MO-020	Banda a zaranda principal 124	29,84
MO-255	Motor zaranda principal	22,38
MO-026	Motor banda Sobre el Salón	18,65
MO-027	Motor zaranda secundaria	14,92
MO-030	Motor bomba espray	13,43
MO-028	Motor banda interconexión	12,61
MO-022	Motor Banda desperdicios	8,95
MO-019	Motor recibe de la zaranda	8,59
MO-396	Banda 130 Agregado	7,46
MO-035	Motor banda # 4	5,6

MO-037	Motor banda # 2 a zaranda	4,47
MO-031	Motor bomba de achique	3,73
MO-094	Motor banda de retorno	3,73
MO-021	Motor rosca filtro	2,98
MO-295	Motor arrolla cable tripe	1,12
MO-034	Motor esclusa filtro	0,75
MO-388	Motor ventilador refrigeración # 1 cinta placa	0,75
MO-389	Motor ventilador refrigeración # 2 cinta placa	0,75
MO-033	Motor caja arrancadora	0,24

Nota. Equipos trituradora Laron Valle, A (2011 p.9).

Figura 28

Información del sistema laron

The screenshot shows a software interface for monitoring a system. The title is "INFORMACION DEL SISTEMA". The interface is divided into several sections, each representing a different group of machinery. Each section contains a table with columns for "Corriente", "% Termico", "Hr Oper.", and "Reset".

General			
1. Trituradora Laron	Acumulador		Reset
2. Trituradora Agregado	3169		Reset
3. Trituradora Polysius	0		Reset

Grupo 4				
1. Banda Retorno	Corriente	% Termico	Hr Oper.	Reset
2. Banda Debajo Cinta Placa	9.60	10.00	61.51	Reset
3. Cinta Alimentador	6.80	20.00	57.27	Reset

Grupo 1				
1. Banda Sobre el Salon	Corriente	% Termico	Hr Oper.	Reset
2. Banda Hacia Salon Materiales	20.10	14.00	42.63	Reset
3. Banda Debajo Zaranda	71.00	30.00	65.31	Reset
4. Zaranda Principal	10.60	35.00	65.25	Reset
5. Banda Hacia Zaranda	30.90	15.00	65.19	Reset
	53.60	50.00	64.53	Reset

Grupo 5				
1. Banda Interconexion	Corriente	% Termico	Hr Oper.	Reset
2. Bomba Desajuste Tolva	0.00	0.00	0.12	Reset
3. Bomba Spray	0.00	0.00	4.81	Reset
	18.90	25.00	21.70	Reset

Grupo 2				
1. Succión del Filtro	Corriente	% Termico	Hr Oper.	Reset
2. Esclusa del Filtro	3.82	30.00	76.93	Reset
3. Ventilador de Colector	1.21	16.00	77.20	Reset
	60.01		77.17	Reset

Grupo 6				
1. Banda 4 Agregado	Corriente	% Termico	Hr Oper.	Reset
2. Banda 3 Agregado			62.98	Reset
3. Zaranda			60.08	Reset
4. Banda 2 Agregado			60.05	Reset
5. Banda 1 Agregado	6.00	20.00	60.01	Reset
			59.97	Reset

Grupo 3				
1. Trituradora	Corriente	Potencia	Hr Oper.	Reset
	35.21	425.04	75.70	Reset

Fuente. Valle, A (2011 p.37).

Tabla 22

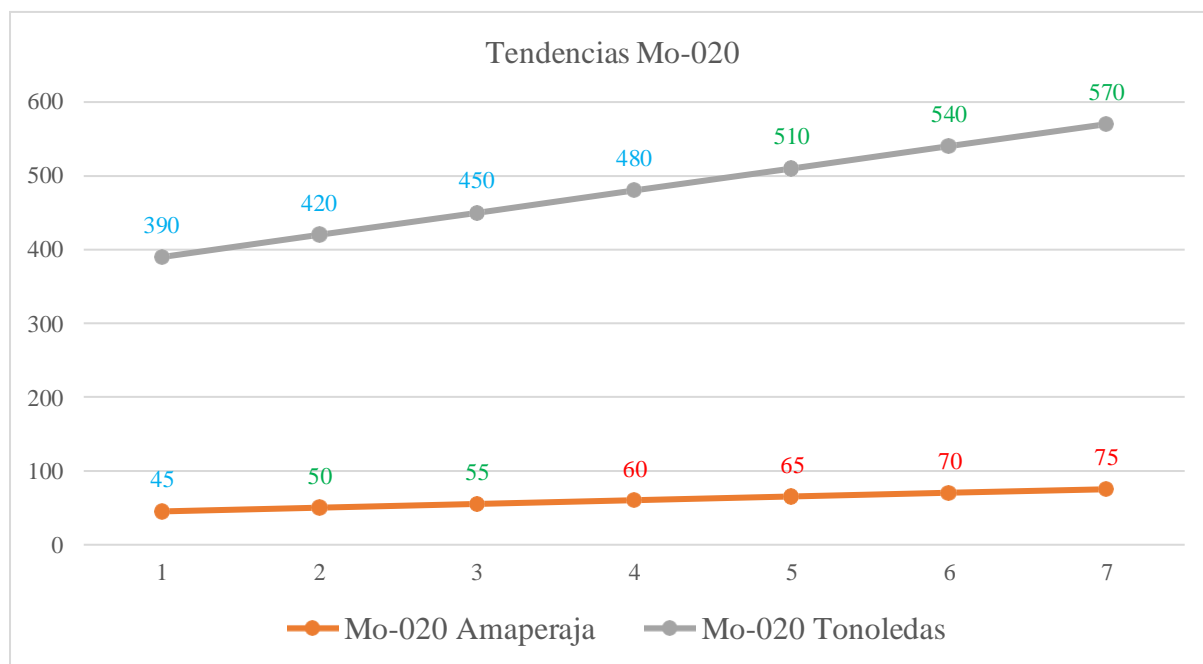
Tendencias motor banda hacia la zaranda

Motor	Variables	1	2	3	4	5	6	7
Mo-020	Amperaje	45	50	55	60	65	70	75
	Toneladas	390	420	450	480	510	540	570

Nota. Los valores fueron tomados en la trituración de caliza por ser la materia de mayor producción. Fuente. Autor

Figura 29

Grafico de tendencia de carga motor Mo-020



Fuente. Autoría propia

Figura 30*Identificación de cuello de botella*

Fuente. Valle, A (2011 p.12).

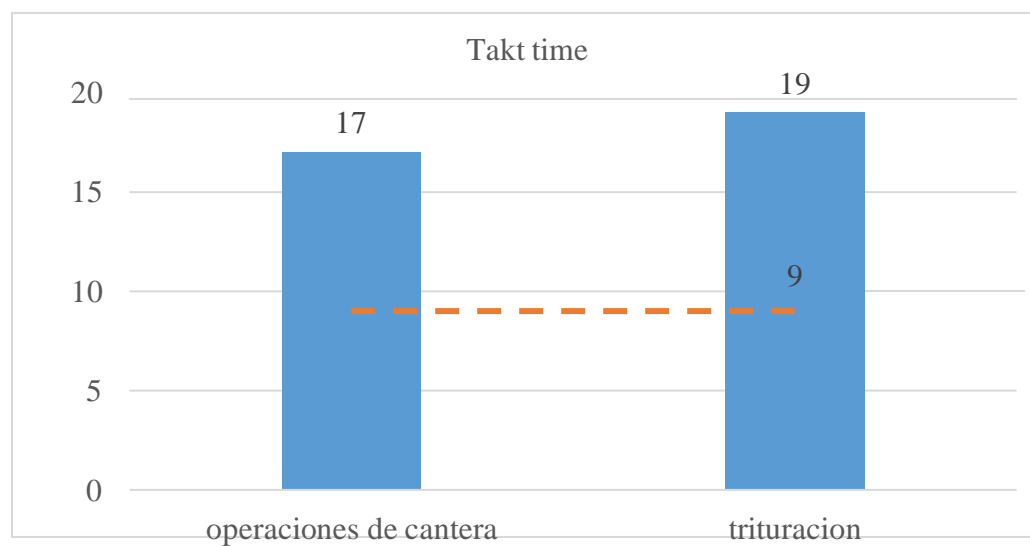
VSM

Como el mapeo de flujo de valor se logra representar todo lo hallado durante la caracterización y el análisis de los procesos de forma sintetizada (ver Figura 31)

Tabla 23*Comparativa takt time*

Proceso	Tiempo de ciclo	Takt time
Operaciones de cantera	17	9
Trituración	19	9

Nota. Los valores están expresados en segundos. *Fuente.* Autor

Figura 32*Gráfico comparativo takt time*

Fuente. Autoría propia

Tabla 24*Planes de acción takt time*

Proceso	Métrica	VSM actual	Plan de acción	Herramienta	Responsable	Fecha de termino
Operaciones de la cantera	TC>TKT	17>9 segundos/tonelada	Estandarizar métodos de trabajo	estudio de métodos	Jefe de producción	30/11/2024
	TC>TKT	19>9 segundos/tonelada	Estandarizar métodos de trabajo	estudio de métodos	Jefe de producción	30/12/2024
Trituración	% de funcionamiento	89%	Optimizar programa de producción	MRP	Jefe de planeamiento	15/06/2024

Nota. Los estudios de métodos son herramientas de manufactura esbelta. *Fuente.* Autor

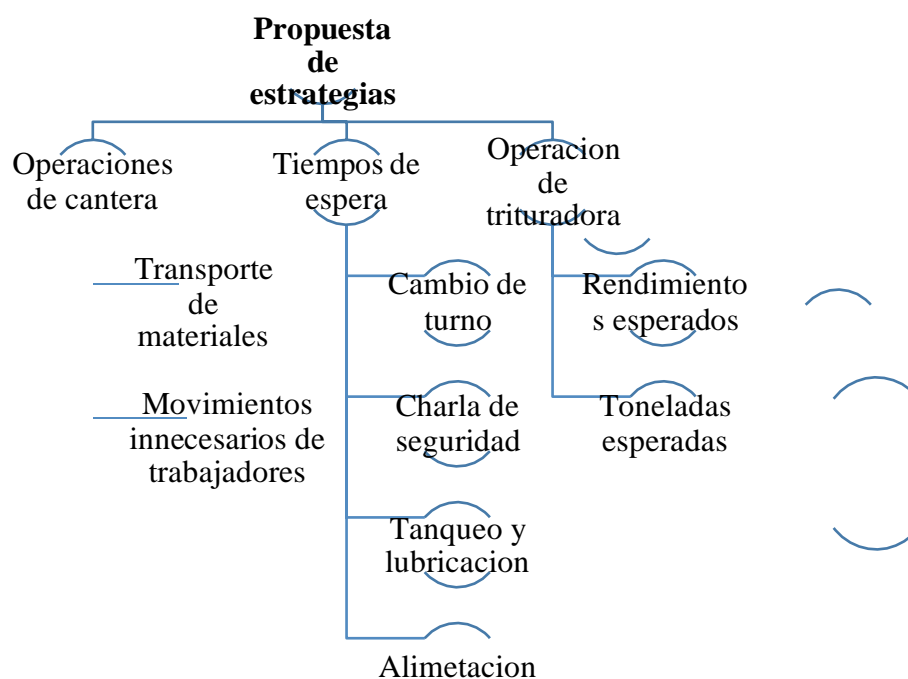
Los planes de acciones (ver Tabla 24) son las herramientas que permiten desplegar el análisis de las problemáticas encontradas, gracias a la información recopilada se inicia entonces la construcción de las estrategias que buscando eliminar o mitigar las condiciones que generan estos despilfarros, con acciones concretas a corto y mediano plazo en cada proceso estudiado por ello es importante enfatizar en los resultados (ver Figura 32) donde se evidencia claramente como los tiempos de ciclos década uno de los procesos están muy por encima de del takt time.

Desarrollo de Estrategias

A través del análisis realizado sobre las mudas del proceso, se encontraron oportunidades para formular tácticas destinadas a mejorar la productividad mediante las herramientas lean manufacturing. Este enfoque elimina la necesidad de realizar inversiones sustanciales y, al mismo tiempo, produce resultados tangibles. Después, se consolidó estos hallazgos mediante una síntesis de estrategias (ver Figura 33) lo cual busca dar cumplimiento a el último objetivo trazado.

Figura 33

Síntesis de estrategias



Fuente. Autoria propia

Operaciones en la Cantera

Para facilitar un avance completo de estos procesos, es imperativo implementar metodologías personalizadas basadas en el tipo de residuo identificado, seguidas de la creación de estrategias destinadas a erradicar o reducir dichas discrepancias.

Transportes de materiales: es una operación necesaria en los procesos por lo que no se puede eliminar, sin embargo, se pueden plantear las siguientes acciones para mitigar sus impactos:

Desarrollar ciclos de cargue y transporte de materiales que no sean para acopiarlos sino para triturarlos, para ello se necesitan dos equipos de cargue, el primero para cargar las margas y el segundo para agregar los demás componentes, requerirá un poco más de tiempo en los ciclos de transporte, por lo que se necesita usar los tres camiones, contando que los materiales estén secos y que se realice una extracción previa de estos, reduciendo el 95 % de transporte a las áreas de pilas.

Designar dos frentes de operación en un mismo turno, el primero dirigido a la trituración, tendrá que contar con un equipo de extracción, uno de cargue, dos camiones de transporte y el auxiliar de regio para mitigar la polución si es necesario, para el otro frente solo se contara con un equipo de extracción, uno de cargue y uno de transporte, buscando que no se pare la trituración por falta de material, lo que impacta en un 25% la operación de transporte de materiales y beneficia al proceso.

En el cambio de turno A, un personal podría dejar dos horas diarias por 4 días seguidos para transportar los materiales requeridos para la trituración, para ello solo se necesitaría uno de cargue y dos de transporte, ya que se designaría un tractor en el turno A que extraiga el materia

para ese transporte, aunque esta operación solo se realizara dos veces por mes dependiendo de la demanda el impacto sería de un 50%, pero los costos se elevan para el presupuesto operativo, ya que se cuantificará los gastos.

Movimientos innecesarios de trabajadores: el impartir instrucciones es necesario para realizar correctamente las actividades, sin embargo, no debería ser necesario que se detenga la operación para hacerlo, sería mejor hacerlo de la siguiente forma:

Se debe contar con un plan minero de explotación de materia prima donde se especifique los diversos materiales con las calidades ideales para el proceso, para tener claro los diversos frentes de explotación, esto sería una reducción del tiempo que se usa para realizar inspecciones de materiales y frentes de trabajo.

Utilice métodos de comunicación remota (como radio, Avantel, etc.) para acelerar la transmisión de instrucciones del supervisor al operador.

Si se requiere la opinión del operario, es importante que esté en el sitio con el equipo de trabajo para evitar contratiempos de operación.

Tiempos de Espera en Trituración

Las operaciones productivas requieren una planificación que permita operar de manera eficiente y fluida, si se presentan paradas, estas pueden estar afectado la productividad es aquí donde se formulan estas ideas para cada uno de los paros:

Paro Cambio de Turno

El personal viene con el uniforme listo de trabajo equivale 20 % menos de tiempo, 6 minutos.

Se implemente un plan de transporte para el personal de la operación equivale 30% menos serian 9 minutos aproximadamente.

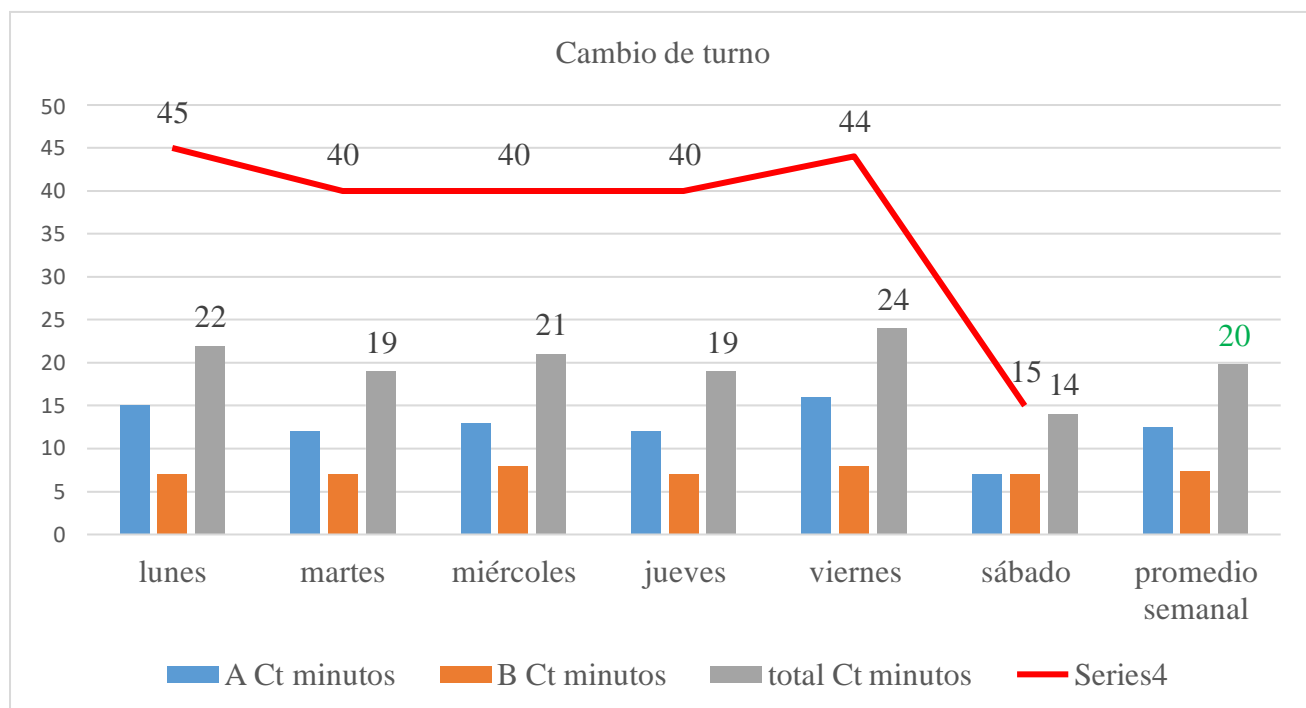
La ejecución de estas estrategias reduce el paro en un 50%, una cifra que corresponde a solo 20 minutos de duración para la transición en turnos de trabajo que comprenden 37 minutos, la media predominante, lo que resulta en una disminución de alrededor 17 minutos aproximadamente (ver Figura 34) lo que demuestra mejoras para la eficiencia del proceso.

Tabla 25

Mejoras paro cambio de turno

Turno	Paro	Umd	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Promedio semanal
A	Ct	minutos	15	12	13	12	16	7	13
B	Ct	minutos	7	7	8	7	8	7	7
Total	Ct	minutos	22	19	21	19	24	14	20

Nota. Se le aplico a 50% menos a los datos obtenidos en la Tabla 16. *Fuente.* Autor

Figura 34*Gráfico con mejoras cambio de turno**Fuente. Autoría propia****Paro Charla de Seguridad***

Tener un cronograma de charlas en las cuales se empleen como máximo 10 minutos para su socialización y debate, esto equivale a un 20% del tiempo usado actualmente (ver Figura 35).

Debido a lo dinámico del proceso las tareas diarias pueden asignarse en los tiempos de operación esto equivale entonces a una reducción de 80% de tiempo usado, pasando de 50 minutos en promedio a solo 10 minutos (ver Tabla 26).

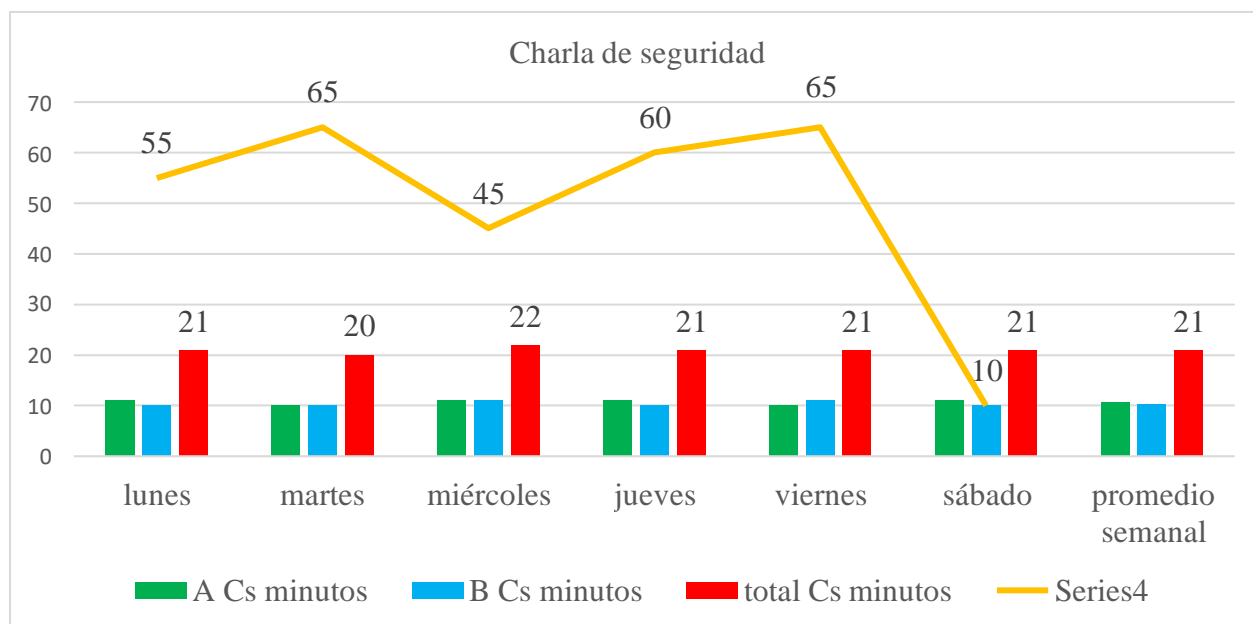
Tabla 26*Mejoras paro charla de seguridad*

Turno	Paro	Umd	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Promedio semanal
A	Cs	minutos	11	10	11	11	10	11	11
B	Cs	minutos	10	10	11	10	11	10	10
Total	Cs	minutos	21	20	22	21	21	21	21

Nota. El ajuste de los tiempos fue de valor fijo sugeridos. *Fuente.* Autor

Figura 35

Gráfico con mejoras para charla de seguridad



Fuente. Autoría propia

Paro Tanqueo y Lubricación

En promedio, cada camión consume 30 galones durante un solo turno, mientras que su tanque tiene una capacidad de 160 galones. Teniendo en cuenta que la operación implica que solo dos camiones se utilicen activamente y uno se mantenga en reserva, un enfoque propuesto podría consistir en repostar el tanque cada dos días, específicamente cada cuarto turno. Esta estrategia implicaría alternar el repostaje con el camión de Estambay durante el tercer turno. Además, dada la capacidad del depósito de combustible, puede mantener las operaciones durante 4 turnos consecutivos sin caer por debajo del nivel mínimo requerido. En consecuencia, este método reduciría en un 50% el tiempo necesario para repostar el depósito (ver Figura 36), reduciéndolo a solo 5 minutos de la duración total de 11 minutos.

Coordinar con mantenimiento para que el tanqueo y lubricación de los equipos se realice en el tiempo de la charla de seguridad impacta en el 75% del tiempo que gasta el cargador antes de iniciar sus labores, pasaría de 20 minutos a solo 5.

Como resultado de los protocolos establecidos por la organización, es imperativo que todos los procedimientos incorporen información de seguridad. En los casos en que no se cumpla este estándar, es esencial considerar los posibles ajustes que se pueden realizar al enfoque existente. Un posible curso de acción podría consistir en mejorar las estrategias relacionadas con el depósito y la lubricación a medida que se desarrolla el proyecto. Esta propuesta está respaldada por las observaciones realizadas el viernes y el sábado, que revelaron una mejora notable en la eficiencia operativa, según el análisis de datos que mostró una disminución del 100% en el tiempo de inactividad.

Tabla 27

Mejoras paro tanqueo y lubricación

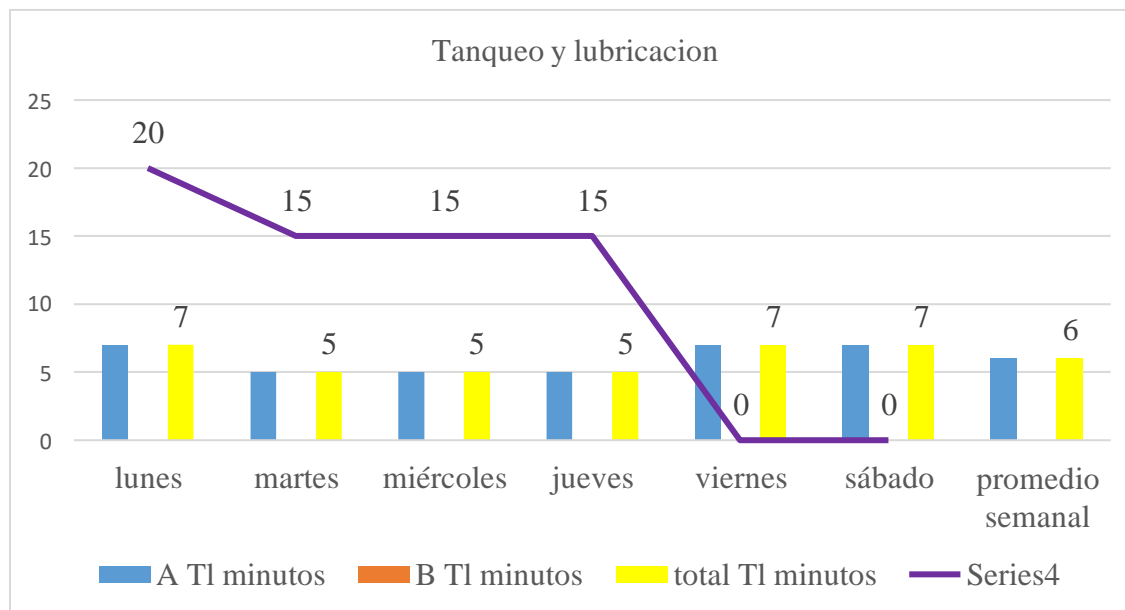
Turno	Paro	Umd	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Promedio semanal
A	Tl	minutos	7	5	5	5	7	7	6
B	Tl	minutos	0	0	0	0	0	0	0
Total	Tl	minutos	7	5	5	5	7	7	6

Nota. Se aplica una reducción del 66% haciendo un promedio entre los porcentajes de las

estrategias. *Fuente.* Autor

Figura 36

Grafico con mejoras tanqueo y lubricación



Nota. La línea morada son los valores totales de los tiempos del paro sin aplicar las estrategias.

Fuente. Autor

Paro Alimentación

Las medidas donde la alimentación no detiene el proceso deberían adoptarse con más frecuencia esto elimina el 100% de la parada (ver Figura 37) y mejora el factor de machar de la trituradora laron.

Para que la trituración entre en marcha se debe contar con un mínimo de 2 operadores de camión, uno de cargador y los 2 operarios de la trituradora, si ese plan de transporte permite priorizar estos operarios se podrá reducir el tiempo usado para la alimentación.

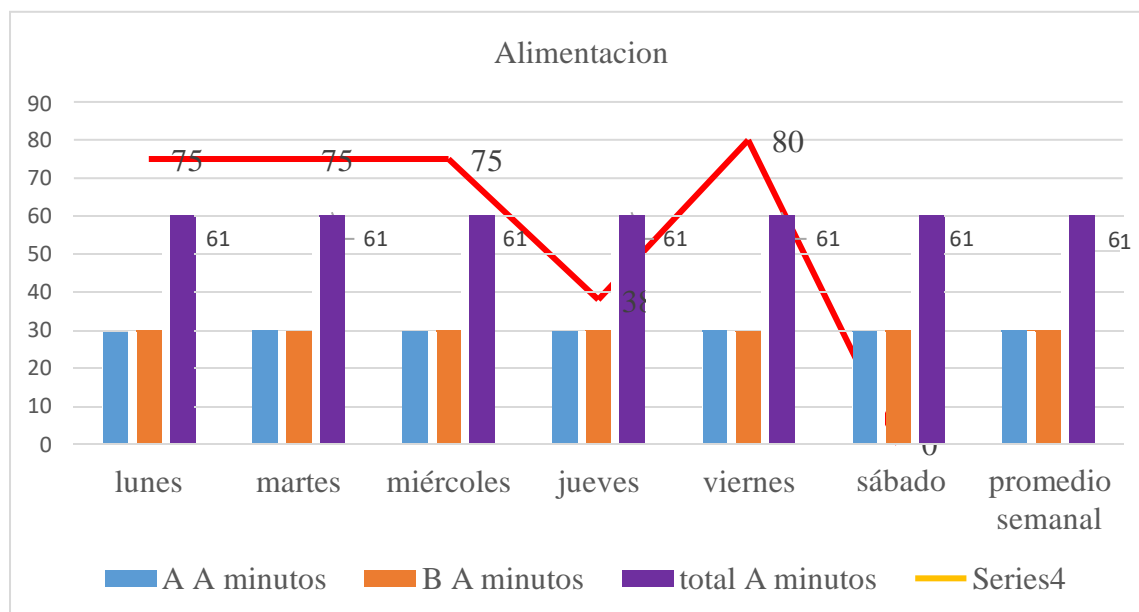
La cultura de alimentación de 30 minutos se puede fomentar charlas de los procesos esto mostrando los beneficios que le dan al proceso y que si cada uno de los operarios se concientiza lograr juntos cumplir con las metas que se trazan.

Tabla 28

Mejoras para alimentación

Turno	Paro	Umd	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Promedio semanal
A	A	minutos	30	31	30	30	31	30	30
B	A	minutos	31	30	31	31	30	31	31
Total	A	minutos	61	61	61	61	61	61	61

Nota. Se toma como referencia los valores designados para este para este paro. *Fuente.* Autor

Figura 37*Ajustes tiempos esperado de alimentación**Fuente. Autoría propia***Operación de Trituradora Laron**

La productividad de la maquina es uno de los ítems de mayor relevancia que tiene el proceso ante la planta, por ello si sabemos que existe una limitación en este indicador se genera preocupación en el proceso, saber que en actualidad solo se trituran 422 toneladas/hora en promedio comparado con su capacidad nominal de 500 toneladas/hora, esto implica que se dejan de triturar 80 toneladas/hora aproximadamente, si sabes que las horas productivas son de 66 horas en promedio semanales se están dejando de triturar 5280 toneladas por el cuello de botella del sistema de la trituradora laron, con esta información se pueden generar alertas al área de mantenimiento para que realicen un estudio de las características del motor Mo-020 de la banda hacia la zaranda con el fin de saber si pueden modificarse las tolerancia de trabajo para

tener mayor capacidad o este debe ser remplazado sabiendo el costo beneficio que esto puede generar al proceso para ello se hace una simulación que vemos en (Tabla 29).

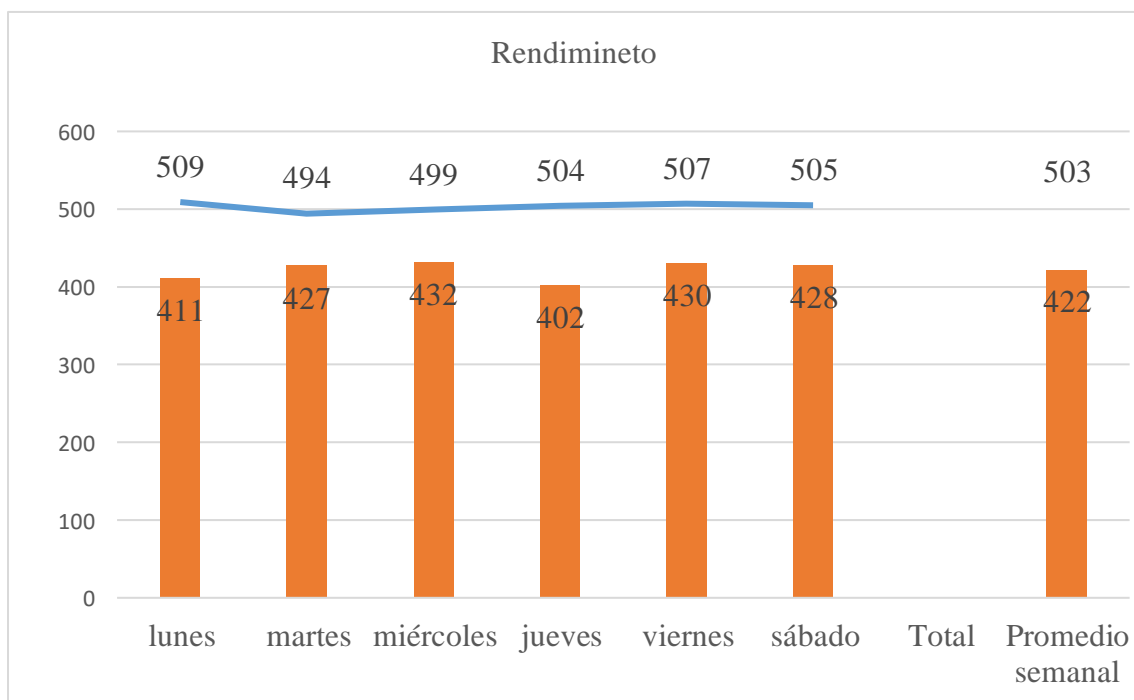
Tabla 29

Toneladas y rendimientos esperados

Semana	Toneladas	Rendimiento
Lunes	4050	509
Martes	5050	494
Miércoles	4640	499
Jueves	4940	504
Viernes	5580	507
Sábado	5300	505
Total	29560	
Promedio semanal	4927	503

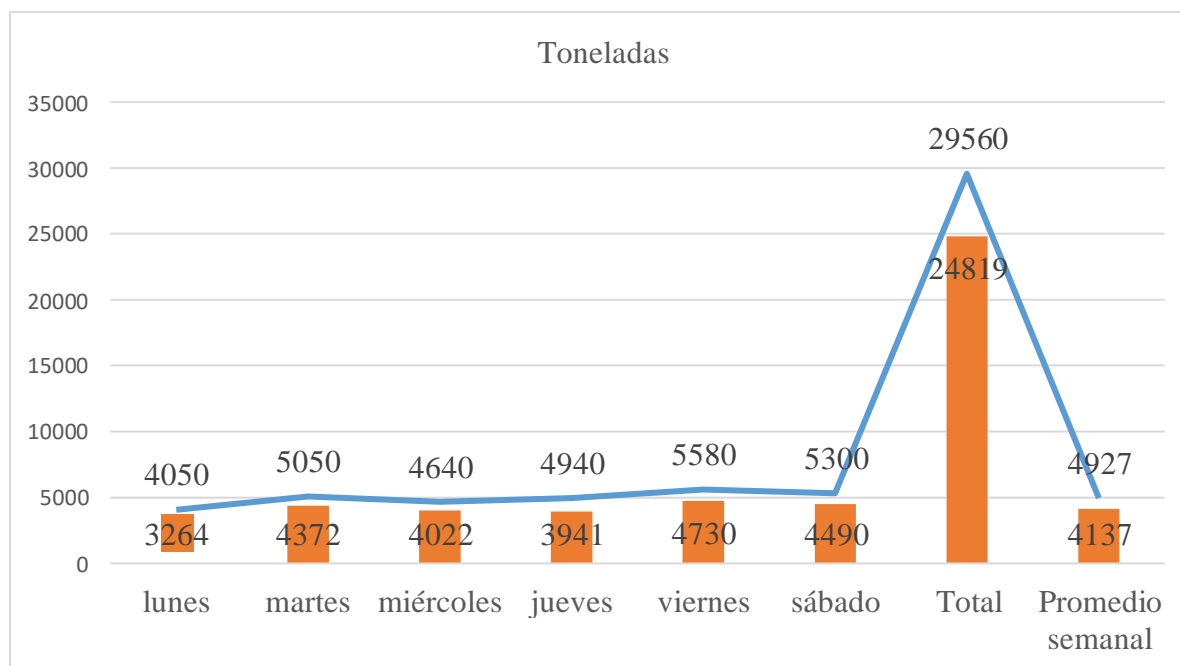
Nota. Los ajustes a se aplicaron en los valores de la producción semanal de la trituradora Laron.

Fuente. Autor

Figura 38*Rendimientos esperados*

Fuente. Autoría propia

En la (Figura 38) se evidencia esa capacidad ideal de la maquina con respecto al rendimiento de esta, de forma positiva para el proceso.

Figura 39*Toneladas esperadas**Fuente.* Autoría propia

La (Figura 39) detalla el incremento que se espera si se aplica los ajustes en la operatividad de la máquina, dando resultados positivos.

Conclusiones

Las herramientas de la manufactura esbelta son técnicas que ayudan en la eficiencia de las empresas gracias a ellas logramos las siguientes conclusiones

Se establece que el takt time es inferior a los tiempos de ciclos, lo que resulta en la incapacidad de satisfacer la demanda necesaria dentro de los plazos específicos y requiere una mayor asignación de los recursos para lograr las metas establecida.

Por otro lado, el encontrar mudas y restricciones en el proceso operativo, impacta negativamente en los tiempos de ciclo, costos de operación y la productividad. Estas ineficiencias son el resultado de un subóptimo manejo de recursos disponibles, por lo cual es indispensable mejorar la gestión de recurso y abordar las restricciones para lograr la eficiencia operativa.

Por último y no menos importante las estrategias planteadas pueden dar buenos resultados si se manejan de forma integral combinando lo técnico, con el enfoque humano además de tener planes en tres etapas.

Corto plazo:

Solucionar problemas técnicos de inmediato

Capacitar trabajadores en nuevas habilidades

Mediano plazo:

Probar soluciones en proyectos piloto

Fomentar colaboración y la sensibilización

Largo plazo:

Adoptar cultura de mejora continua y colaboración

Recomendaciones

Es importante saber que todas las estrategias propuestas pueden tener éxito si se realizan de forma integral, es decir, se deben desarrollar planes de corto media y largo plazo donde se ataquen las problemáticas primeramente desde la parte técnica, pero sin dejar de lado el factor humano que suma un peso importante, para ello es necesario fomentar espacios de sensibilización donde se le llegue de forma empática a los colaboradores mostrando los beneficios que estos cambios pueden generar al proceso y, más que desde cada rol, pueden ser parte importante en estas mejoras.

Referencias Bibliográficas

773G (Tier 2) Caterpillar relianz. (s. f.). Relianz-website.

<https://relianzcat.com/producto/modelo/773g-tier-2/>

Barranco, J. (2017). *Optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas (Limolitas, chert, margas) en la planta de cementos Argos, Toluviejo-Sucre*

[Trabajo de grado Ingeniería de minas, Universidad Pedagógica y Tecnológica

(Colombia)]. [https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/2225/TGT-](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/2225/TGT-756.pdf;jsessionid=FA1DDBD8B76747EF4C0427B617256F0E?sequence=1)

[756.pdf;jsessionid=FA1DDBD8B76747EF4C0427B617256F0E?sequence=1](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/2225/TGT-756.pdf;jsessionid=FA1DDBD8B76747EF4C0427B617256F0E?sequence=1)

Carlos, D. A. J., & Narciso, R. S. (2008). *La industria del cemento en Colombia determinantes y comportamiento de la demanda (1996-2005)*. <http://hdl.handle.net/10554/9570>

CATERPILLAR 12G Maquinarias de construcción Para La Venta. (s. f.). MarketBook México.

<https://www.marketbook.mx/anuncios/para-la-venta/caterpillar/12g/maquinarias-de-construccion/4>

Cementos Argos Colombia. (2022). *Reactivamos el horno de la Planta Toluviejo para aumentar la cobertura y capacidad de producción*. Recuperado 8 de mayo de 2024, de

<https://colombia.argos.co/planta-toluviejo/>

Díaz-Reza, J. R., Alcaráz, J. L. G., & García, A. S. M. (2022). Lean Manufacturing Origins and Concepts. En *Springer Briefs in applied sciences and technology* (pp. 1-14).

https://doi.org/10.1007/978-3-030-97752-8_1

Epiroc. (s. f.). *PowerROC T35*. Epiroc. <https://www.epiroc.com/es-es/products/drill-rigs/surface-drill-rigs/powerroc-t35>

Espinel, M. (s. f.). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA ESBELTA PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE CEMENTO EN SACOS DE 50Kg. EN LA EMPRESA HOLCIM ECUADOR S.A. PLANTA LATACUNGA* [Proyecto de graduación Ingeniería industrial en procesos de automatización, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/157/1/t494id.pdf>

Estadísticas de Cemento Gris (ECG) (COM-070-PDT-001-f-002 V13). (2022, 11 noviembre).

DANE. Recuperado 8 de mayo de 2024, de

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/cemento_gris/Bol_ECG_oct22.pdf

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). Mc Graw Hill Education.

<https://drive.google.com/file/d/1Fjufmi0oGY4Zs8EajFiAJYNT2qoecH4k/view>

Herrera, T. J. F., De la Hoz Granadillo, E. J., & Gómez, J. M. (2018). La productividad y sus factores: Incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión Empresarial*, 16(1), 47-60. <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375>

Ibarra-Balderas, V. M., & Ballesteros-Medina, L. L. (2017). *Manufactura Esbelta*. Redalyc.org.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94453640004>

Jiménez, D., & Jiménez, D. (2014, 13 marzo). *Los iconos de value stream mapping – cuáles son y cómo usarlos*. Pymes y Calidad 2.0. <https://www.pymesycalidad20.com/los-iconos-de-value-stream-mapping-cuales-son.html>

Komatsu 275a. (s. f.). Wwww.Komatsu. <https://www.komatsu-middle-east.com/en/crawler-dozers/d275a-5r>

Komatsu WA600-6 Ficha técnica & Especificaciones (2006-2017) | LECTURA Specs. (s. f.).

LECTURA Specs. <https://www.lectura-specs.es/es/modelo/maquinaria-para-la-construccion-y-obras-publicas/cargadoras-de-ruedas-komatsu/wa600-6-1031287>

Laos, E. H. (2007). La productividad multifactorial: concepto, medición y significado.

Economía: Teoría y Práctica/Economía: Teoría y Práctica, 26.

<https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/262007/hernandez>

Lean Manufacturing. Paso a Paso. (s. f.). Google Books.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=related:->

[JqIEXXngRwJ:scholar.google.com/&ots=DIERtVAreM&sig=dK5ObY6D3pwIS8KrlTihcZJGpEI#v=onepage&q&f=false](https://scholar.google.com/&ots=DIERtVAreM&sig=dK5ObY6D3pwIS8KrlTihcZJGpEI#v=onepage&q&f=false)

Lugo, F. J. F. (2015). *Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto.* Redalyc.org.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215047546002>

Marín, I. B. (2022, 18 agosto). Cementos Argos reactiva horno en Planta Tolviejo, con inversión de US\$7,4 millones. *Diario la República.*

<https://www.larepublica.co/empresas/cementos-argos-reactiva-horno-en-planta-tolviejo-con-inversion-de-us-7-4-millones-3427693>

Ohno, T. (1991). Sistemas de Producción de la Toyota. En *Sistemas de Producción de la Toyota más allá de la producción a gran escala* (pp. 28-30). Ediciones gestion 2000.

- Palange, A., & Dhattrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729-736.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- Parra, E. (2015). *GESTIÓN DE ACTIVIDADES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL DE LA MINA DE CALIZA SANTA ANA - CEMENTOS ARGOS S.A., PLANTA CARTAGENA*. [Trabajo de grado para ingeniería de minas, UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA].
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/1526/TGT-266.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, E. (2014). *APLICACIÓN DE MÉTODOS LEAN EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO ELÉCTRICO ENFOCADO a LA AUTOMATIZACIÓN DE UN MOLINO DE CEMENTO* [Maestro en ingeniería de calidad, UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA]. <https://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/015813/015813s.pdf>
- Prieto, A., & Martínez, M. (2004). Productividad y competitividad de las organizaciones. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 10. <https://www.redalyc.org/pdf/280/28010209.pdf>
- Prokopenko, J. (1989). Concepto y definición de la productividad. En *Gestión de la productividad* (p. 3). Organización internacional del trabajo.
- Ruta Toluviejo-Planta de Cementos Argos Tolú*. (s. f.). Google Maps. Recuperado 9 de mayo de 2024, de
<https://www.google.com/maps/dir/Tol%C3%BA+Viejo,+Sucre/CEMENTOS+ARGOS+PLANTA+TOLU,+Via+Principal+Tolu+Viejo,+Tol%C3%BA+Viejo,+Sucre/@9.4620128,->

75.4681884,15z/data=!3m1!4b1!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x8e591a28e7ec1f87:0xfe25d
cfcaff5aa9c!2m2!1d-

75.4391349!2d9.452849!1m5!1m1!1s0x8e591bb082a95dab:0x4ab6f94107b0206f!2m2!1
d-75.4658125!2d9.4718202?entry=ttu

Solucionarios universidad. (2022, 9 diciembre). D *Solucionario Análisis de la producción y las operaciones*. Solucionarios Universidad. <https://solucionariosuniversidad.com/analisis-de-la-produccion-y-las-operaciones-steven-nahmias-5ta-edicion/>

TOYOTA. (2024, 23 abril). *HILUX DOBLE CABINA 4X4 DIESEL 2.4 MT - Automotores Toyota Colombia*. Automotores Toyota Colombia.

<https://www.toyota.com.co/vehiculo/hilux-3/hilux-2-4-diesel-mecanica-tc/>

Tractor Topador D9 | Tractor topador | Cat | Caterpillar. (s. f.).

https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/dozers/large-dozers/104260.html.

https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/dozers/large-dozers/104260.html

Valle, A. (2011). Trituradora Laron. En *Cementos Argos Tolú*.

Apéndices

Estudio de Producción de Trituración

Para realiza el análisis de la producción de la trituradora Laron, fue necesario tomar los datos de una semana de trituración entre las fechas 28/08/2023 y 02/09/2023. Para lo cual se registraron las toneladas de caliza y mezcla triturada, el horómetro de producción de la máquina y el rendimiento global de cada día el cual es resultado del cociente entre la producción total y el horómetro de producción total.

Apéndice A

Producción trituradora Laron#1

Fecha:28/08/2023

Base de datos	Caliza	Mezcla	
turno A	1501	0	
turno B	420	1343	
turno C	0		
Total	1921	1343	
Total producción			
3:64			
Horómetro producción trituradora laron			
	Inicia	Termina	Tiempo
turno A	21003,24	21008,14	4,9
turno B	21008,14	21011,19	3,05
turno C			0
Total			7,95
Rendimiento toneladas/hora			
4 1			

Nota. El rendimiento determina factor productivo de los turno diarios. *Fuente.* Autor

Apéndice B*Producción trituradora Laron#2*

Fecha:29/08/2023

	Base de datos	Caliza	Mezcla
	turno A	880	1123
	turno B	1757	612
	turno C	0	
	Total	2637	1735
		Total producción	
		472	
	Horómetro producción trituradora laron		
	Inicia	Termina	Tiempo
turno A	21011,19	21016,2	5,01
turno B	21016,2	21021,42	5,22
turno C			0
Total			10,23
	Rendimiento toneladas/hora		
	4 7		

Nota. El horómetro productivo es la marcha de la cinta alimentadora. *Fuente.* Autor

Apéndice C

Producción trituradora Laron#3

Fecha:30/08/2023

	Base de datos	Caliza	Mezcla
	turno A	1520	451
	turno B	1211	840
	turno C	0	
	Total	2731	1291
Total producción			
4(22			
Horómetro producción trituradora laron			
	Inicia	Termina	Tiempo
turno A	21021,42	21026,09	4,67
turno B	21026,09	21030,72	4,63
turno C			0
Total			9,3
Rendimiento toneladas/horas			
4 2			

Nota. La producción total varía dependiendo los turnos productivos. *Fuente.* Autor

Apéndice D*Producción trituradora Laron#4*

Fecha:31/08/2023

	Base de datos	Caliza	Mezcla
	turno A	1305	521
	turno B	1523	592
	turno C	0	
	Total	2828	1113
	Total producción		
	3' 41		
	Horómetro producción trituradora laron		
	Inicia	Termina	Tiempo
turno A	21030,72	21034,82	4,1
turno B	21034,82	21040,52	5,7
turno C			0
Total			9,8
	Rendimiento toneladas/hora		
	4 2		

Nota. El tiempo de producción determina la eficiencia de la maquina trituradora. *Fuente.* Autor

Apéndice E*Producción trituradora Laron#5*

Fecha:01/09/2023

Base de datos	Caliza	Mezcla	
turno A	1823	562	
turno B	1925	420	
turno C	0		
Total	3748	982	
Total producción			
4 30			
Horómetro producción trituradora laron			
	Inicia	Termina	Tiempo
turno A	21040,52	21046,32	5,8
turno B	21046,32	21051,52	5,2
turno C			0
Total			11
Rendimiento toneladas/hora			
4 0			

Nota. Las calizas y mezclas son las materias primas principales del cemento. Fuente. Autor

Apéndice F

Producción trituradora Laron#6

Fecha:02/09/2023

Base de datos	Caliza	Mezcla	
turno A	1920	412	
turno B	925	1233	
turno C	0		
Total	2845	1645	
Total producción			
4 90			
Horómetro producción trituradora laron			
	Inicia	Termina	Tiempo
turno A	21051,52	21057,32	5,8
turno B	21057,32	21062,02	4,7
turno C			0
Total			10,5
Rendimiento toneladas/hora			
4 8			

Nota. Los controles productivos se realizan cada fin de semana para determinar logros y fallas en la producción. *Fuente.* Autor

Estudio Tiempos de Espera en Trituración

Los paros de trituración o paradas de operación son tiempos en que hay disponibilidad de operación, pero hay factores que afectan al arranque o a la máquina, pueden presentarse, ya sea por maniobras del personal, averías de la maquinaria, climas adversas etc. A continuación, se evidencian paros más frecuentes de los turnos A y B de la última semana de agosto del 2023.

Abreviaturas

A: comida de personal

Av.: avería

Cm: cambio de materiales

Cs: charla de seguridad

Ct: cambio de turno

F.c/c: factor crudo Clinker

JL: jornada laboral

Ga: grúa alimentada

I: inclemencia

NM: número de maquinas

NO: número de operarios

NT: número de turnos

PB: producción bruta

PR: producción real

Rv: revisión y limpieza

TC: tiempo de ciclo

TCP: tiempo de cambio de materiales

TD: tiempo disponible

TF: % de funcionamiento

T/H: toneladas por hora

TI: tiempo inefectivo

Tl: tanqueo y lubricación

Tpd: toneladas producidas días

Sp: sin programación.

Umd: unidad de medida