



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Estudio de tiempos y movimientos para el proceso de producción de hidróxido de calcio en la empresa PROCALSACOM – Riobamba

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Industrial

Autor:

Santillán Santos, Erik Andrés

Tutor:

Ing. Carlos Leonel, Burgos Arcos

Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Erik Andrés Santillán Santos**, con cédula de ciudadanía **0604932343**, autor del trabajo de investigación titulado: **Estudio de tiempos y movimientos para el proceso de producción de hidróxido de calcio en la empresa PROCALSACOM – Riobamba**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 19 de febrero del 2026.



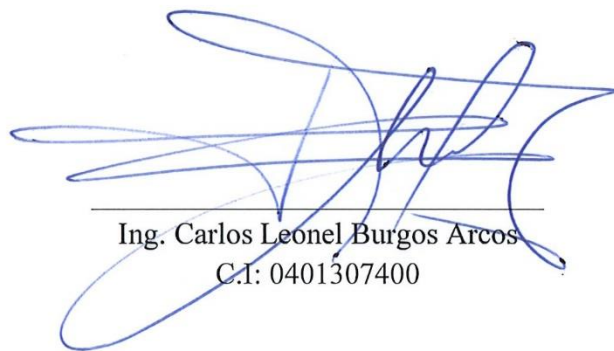
Erik Andrés Santillan Santos

C.I: 0604932343

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Ing. Carlos Leonel Burgos Arcos** catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **Estudio de tiempos y movimientos para el proceso de producción de hidróxido de calcio en la empresa PROCALSACOM – Riobamba**, bajo la autoría de **Erik Andrés Santillán Santos**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 18 días del mes de noviembre de 2025



Ing. Carlos Leonel Burgos Arcos
C.I: 0401307400

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Estudio de tiempos y movimientos para el proceso de producción de hidróxido de calcio en la empresa PROCALSACOM – Riobamba**, por **Erik Andrés Santillán Santos**, con cédula de identidad número 0604932343, bajo la tutoría de **Ing. Carlos Leonel Burgos Arcos**; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 19 de febrero del 2026.

Eco. Juan Carlos Mancheno Ricaurte
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

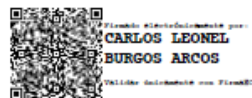
Ing. Gabriela Serrano Torres, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Luis Stalin López Telenchana Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

CERTIFICACIÓN

Que, Santillán Santos Erik Andrés con CC: 0604932343, estudiante de la Carrera Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“Estudio de tiempos y movimientos para el proceso de producción de hidróxido de calcio en la empresa PROCALSACOM – Riobamba”**, cumple con el 5 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio COMPILATIO MAGISTER, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 06 de febrero de 2026.



Ing. Carlos Burgos A. MSc.
TUTOR

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a mis padres, cuyo amor, dedicación, apoyo constante fueron fundamentales durante todo mi proceso de formación académica y personal. Su esfuerzo, ejemplo, confianza me brindaron la fortaleza necesaria para afrontar los retos presentados y culminar satisfactoriamente mis estudios.

Asimismo, se dedica este trabajo a mi hermano, por su apoyo, comprensión durante todo el proceso académico, así como a mis tíos, quienes, mediante sus consejos, contribuyeron de manera positiva a mi desarrollo académico.

De igual manera, se extiende esta dedicatoria a toda mi familia en general, cuyo respaldo, motivación permanente representaron un pilar esencial para mi desarrollo personal y profesional. Finalmente, expreso mi agradecimiento a todos mis amigos, por el apoyo brindado cuando lo necesitaba.

Erik Andrés Santillán Santos

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante, sacrificio a lo largo de toda mi formación académica y personal. Gracias a su confianza, paciencia, palabras de aliento que me ayudaron a lograr mis objetivos.

De manera especial, agradezco a mi hermano, por su compañía, sarcasmos, apoyo incondicional en la buenas y en las malas, asimismo, expreso mi agradecimiento a la Universidad, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, crecer como persona con valores y responsabilidades.

Finalmente, agradezco sinceramente a mi tutor de tesis, por su guía, dedicación, apoyo, consejos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este proyecto de investigación.

Erik Andrés Santillán Santos

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	17
1.1 Antecedentes.....	17
1.2 Planteamiento del problema	17
1.3 Objetivos.....	21
1.3.1 Objetivo general.....	21
1.3.2 Objetivos específicos.....	21
1.4 Formulación del problema.....	21
1.5 Justificación	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Antecedentes.....	22
2.2 Estado del arte.....	22
2.2.1 Ingeniería de métodos.....	22
2.2.2 Herramientas de mejora de procesos	23
2.2.2.1 Diagrama causa-efecto.....	23
2.2.2.2 Diagrama de flujo de proceso.....	23
2.2.2.3 Diagrama de recorrido	24
2.2.2.4 Diagrama SIPOC	25
2.2.2.5 Diagrama hombre-máquina.....	26
2.2.3 Estudio de tiempos y movimientos.....	27

2.2.3.1	Tamaño de la muestra.....	27
2.2.3.2	Tiempo normal (TN).....	28
2.2.3.3	Tiempo estándar (TE).....	29
2.2.4	Productividad.....	30
2.2.4.1	Productividad parcial.....	30
2.2.4.2	Productividad multifactorial (PMF)	31
2.2.4.3	Productividad total (PFT)	31
2.2.5	Aplicaciones del cálculo de la productividad	31
2.2.5.1	Competitividad	31
2.2.5.2	Ventaja competitiva.....	31
2.2.5.3	Evaluación del desempeño organizacional.....	31
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.		32
3.1	Enfoque.....	32
3.2	Modalidad.....	32
3.3	Nivel	32
3.4	Técnicas e instrumentos.....	32
3.5	Contexto.....	32
3.6	Población y muestra.....	33
3.7	Operacionalización de las variables.....	34
4	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1	Análisis inicial	36
4.2	Mapa de procesos	36
4.3	Desagregación de procesos.....	37
4.3.1	Gerenciamiento.....	38
4.3.1.1	Compras	38
4.3.1.2	Planificación de producción	39

4.3.1.3	Planificación de logística	41
4.3.1.4	Inversiones.....	41
4.3.2	Gestión de producción	42
4.3.2.1	Recepción de materia prima	42
4.3.2.2	Traslado y colocación.....	44
4.3.2.3	Calcinación	46
4.3.2.4	Molienda.....	48
4.3.2.5	Envasado.....	50
4.3.3	Procesos de apoyo.....	51
4.3.3.1	Contabilidad.....	51
4.3.3.2	Mantenimiento.....	51
4.3.3.3	Seguridad	52
4.4	Etapas de métodos.....	53
4.4.1	Selección del proceso	54
4.4.1.1	Diagrama de flujo del proceso completo	54
4.4.2	Levantar información.....	55
4.4.2.1	Diagrama analítico de proceso.....	55
4.4.2.2	Diagrama bimanual.....	57
4.4.2.3	Diagrama SIPOC	60
4.4.3	Evaluar.....	60
4.4.3.1	Método de los 5 ¿Por qué?.....	60
4.4.3.2	Método de las 5M	63
4.4.3.3	Procedimiento operativo del proceso de producción.....	68
4.4.3.4	Matriz de priorización.....	75
4.4.4	Identificar la mejora.....	79
4.4.4.1	Etapas de molienda.....	79

4.4.4.2	Etapa de envasado.....	83
4.4.5	Diagramas propuestos.....	83
4.4.6	Instructivo	85
4.4.7	Recomendación del nuevo método	106
4.5	Estudio de tiempos.....	106
4.5.1	Tiempo promedio observado (TP).....	106
4.5.2	Tiempo normal (TN).....	108
4.5.3	Tiempo estándar (TE).....	110
4.5.4	Tiempo promedio observado propuesto (TP)	114
4.5.5	Tiempo normal propuesto (TN).....	116
4.5.6	Tiempo estándar propuesto (TE)	117
4.5.7	Comparación de los tiempos estándar actual y propuesto	119
4.5.7.1	Análisis e interpretación	120
4.6	Cálculo de la productividad	124
4.6.1	Productividad total actual	124
4.6.2	Productividad parcial propuesta	124
4.6.3	Variación porcentual relativa.....	125
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....		126
5.1.	Conclusiones.....	126
5.2	Recomendaciones	127
BIBLIOGRAFÍA		128
ANEXOS		130

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Número recomendado de ciclos.....	28
Tabla 2 Operacionalización de variables: variable independiente (estudio de tiempos y movimientos)	34
Tabla 3 Operacionalización de variables: variable dependiente (productividad)	35
Tabla 4 Diagrama analítico del proceso.....	55
Tabla 5 Diagrama bimanual.....	58
Tabla 6 Diagrama bimanual: Ensacado	59
Tabla 7 Diagrama SIPOC	60
Tabla 8 Etapas del proceso.....	76
Tabla 9 Matriz de priorización.....	77
Tabla 10 Matriz de diseño de control.....	82
Tabla 11 Diagrama propuesto	83
Tabla 12 Tiempo promedio.....	107
Tabla 13 Tiempo normal.....	108
Tabla 14 Tiempo estándar holguras	110
Tabla 15 Tiempo estándar.....	113
Tabla 16 Tiempo promedio.....	114
Tabla 17 Tiempo normal propuesto	116
Tabla 18 Tiempo estandar propuesto	118
Tabla 19 Comparativa del tiempo estandar actual y propuesto	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Ishikawa empresa PROCALSACOM.....	20
Figura 2 Esquema diagrama causa - efecto	23
Figura 3 Simbología del diagrama de flujo de proceso	24
Figura 4 Esquema diagrama de recorrido	25
Figura 5 Estructura de un diagrama SIPOC.....	26
Figura 6 Extracto diagrama hombre-máquina	27
Figura 7 Relaciones de tiempo observado y calificación	29
Figura 8 Holguras	30
Figura 9 Organigrama estructural de la empresa PROCALSACOM	36
Figura 10 Mapa de procesos empresa PROCALSACOM.....	37
Figura 11 Jerarquía de procesos.....	38
Figura 12 Desagregación del proceso: compras	39
Figura 13 Desagregación del proceso: planificación de producción	40
Figura 14 Desagregación del proceso: planificación de logística.....	41
Figura 15 Desagregación del proceso: inversiones.....	41
Figura 16 Desagregación del proceso: carga de materia prima	42
Figura 17 Recepción de materia prima	43

Figura 18	Recepción de biomasa de madera	43
Figura 19	Actividad de triturado.....	44
Figura 20	Desagregación del proceso: traslado y colocación.....	44
Figura 21	Traslado y colocación de troncos de madera.....	45
Figura 22	Traslado y colocación de leños de madera	45
Figura 23	Traslado y colocación de piedra caliza.....	46
Figura 24	Desagregación del proceso: calcinación.....	46
Figura 25	Horno de leña	47
Figura 26	Actividad de extracción.....	47
Figura 27	Actividad de apagado	48
Figura 28	Desagregación del proceso: molienda.....	48
Figura 29	Actividad de molienda.....	49
Figura 30	Actividad de separación de piedra de rechazo	49
Figura 31	Transporte del rechazo	50
Figura 32	Actividad de envasado.....	50
Figura 33	Desagregación del proceso: contabilidad	51
Figura 34	Desagregación del proceso: mantenimiento.....	52
Figura 35	Desagregación del proceso: seguridad	52
Figura 36	Procedimiento de la etapa de métodos	53
Figura 37	Diagrama de flujo del proceso de producción de la cal	54
Figura 38	Diagrama de Ishikawa del proceso: Recepción de materia prima.....	64
Figura 39	Diagrama de Ishikawa del proceso: Traslado y colocación	65
Figura 40	Diagrama de Ishikawa del proceso: Calcinación	66
Figura 41	Diagrama de Ishikawa del proceso: Molienda	67
Figura 42	Diagrama de Ishikawa del proceso: Envasado	68
Figura 43	Diagrama de barras de la matriz de priorización.....	78
Figura 44	Especificaciones DP Pulveriser.....	79
Figura 45	Pulverizador DP IP-32 BC	80
Figura 46	Extracto del plano de la empresa.....	80
Figura 47	Diagrama de flujo del proceso de triturado	87
Figura 48	Diagrama del flujo del proceso: Carga del horno.....	90
Figura 49	Diagrama del flujo del proceso: Calcinación	93
Figura 50	Diagrama del flujo del proceso: Extracción del producto	96
Figura 51	Diagrama del flujo del proceso: Hidratación	99
Figura 52	Diagrama del flujo del proceso: Molida.....	102
Figura 53	Diagrama del flujo del proceso: Pesado de sacos.....	105
Figura 54	Gráfica del transporte de leña y tronco	121
Figura 55	Gráfica de cargado de leña y tronco	121
Figura 56	Gráfica de transporte de piedra triturada.....	122
Figura 57	Gráfica de cargada de piedra triturada	122
Figura 58	Gráfica de transporte de leña y tronco.....	123
Figura 59	Gráfica de cargado de leña y tronco	123

Figura 60 Gráfica de molienda	124
Figura 61 Gráfica de la comparativa de productividad.....	125

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la empresa PROCALSACOM, la misma que presentaba problemas de baja productividad, falta de control, ausencia de estandarización en su proceso productivo. Ante esta situación, se planteó como objetivo optimizar la producción de hidróxido de calcio mediante la aplicación de un estudio de tiempos y movimientos para incrementar su productividad. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de campo, documental, con un nivel descriptivo.

Para el análisis del proceso se emplearon técnicas de observación directa junto a herramientas de ingeniería industrial como el diagrama bimanual, SIPOC, análisis de las 5M, matriz de priorización, identificándose la etapa de molienda como el principal cuello de botella. Tras evaluar el método actual, se diseñó una propuesta de mejora aplicando varios métodos de estudio.

Se evidencio que el método original producía 200 sacos en 35,81 horas (5,59 sacos/h), mientras que el método propuesto permite producir 220 sacos en 33,27 horas (6,61 sacos/h), logrando una mejora global del 18,18%. Se obtuvieron reducciones de tiempo en actividades clave como resultado, se logra aumentar su productividad por hora de trabajo, obteniendo 720 sacos cada mes, incrementando su rendimiento en el proceso productivo.

Palabras claves: Proceso productivo, estudio de tiempos, productividad.

ABSTRACT

This research project was carried out at PROCALSACOM, a company experiencing low productivity, poor control, and a lack of standardization in its production process. Given this situation, the objective was to optimize calcium hydroxide production by conducting a time-and-motion study to increase productivity. The research took a quantitative, field-based, documentary approach at a descriptive level. Direct observation techniques were used to analyze the process, along with industrial engineering tools such as the two-handed diagram, SIPOC, 5M analysis, and a prioritization matrix, which identified the grinding stage as the main bottleneck. After evaluating the current method, an improvement proposal was designed by applying various study methods. It was found that the original method produced 200 bags in 35.81 hours (5.59 bags/hour), while the proposed method produced 220 bags in 33.27 hours (6.61 bags/hour), resulting in an overall improvement of 18.18%. As a result, time reductions were achieved in key activities, increasing productivity per hour of work, obtaining 720 bags per month, and increasing performance in the production process.

Keywords: Production process, time study, productivity.



Reviewed by:

Mgs. Hugo Romero

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0603156258

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes

La productividad es un aspecto clave a considerar en todas las empresas, no solo determinará el éxito que se pueda alcanzar, sino que está directamente relacionada con la sostenibilidad que se pueda alcanzar a largo plazo; por consiguiente, se busca la utilización eficiente de todos los recursos que posee una empresa, obteniéndose así, el máximo beneficio sin descuidar la calidad en los productos y servicios ofrecidos.

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta que sirve para definir las etapas y elementos de los distintos procesos presentes en la empresa, además permite determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen los procesos, así como, para analizar los movimientos que son realizados por parte de los operarios para llevar a cabo dicha operación (Parra et al., 2020). El objeto de un estudio de movimientos es eliminar las etapas o actividades innecesarias que podrían afectar la productividad, seguridad, y calidad de la producción. Un estudio de tiempos consiste en la determinación del tiempo necesario que requiere completar un proceso, actividad, tarea o paso específico (Salvendy, 2001).

El presente trabajo de titulación está orientado a realizar el estudio de tiempos y movimientos en el proceso de producción de hidróxido de calcio en la empresa PROCALSACOM C.L en la ciudad de Riobamba, empresa dedicada a la producción y comercialización de productos derivados de la cal, realizando un análisis inicial del proceso, estableciendo una propuesta de mejora que permita aumentar la productividad.

Mediante la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en el proceso productivo de la cal, se emplearán mejoras generales y específicas en el proceso de producción, como la eliminación de desperdicios, tiempos muertos, optimización de recorridos, mejoras de flujo del proceso, reducción de distancias de recorrido, además se busca mejorar la secuencia de trabajo, establecer los insumos y materias primas que se deben emplear, así como, establecer las etapas que se emplean en la obtención de la cal.

En este contexto, se plantea la aplicación de nuevas herramientas para diagnosticar procesos, como son: diagramas SIPOC, diagramas de Ishikawa, mapas de procesos, cadenas de valor, análisis de valor agregado y finalmente herramientas de medición de trabajo hasta obtener tiempos promedio, normal y estándar de producción, igualmente se mostrará la utilidad de los tiempos estándar en la mejora de la productividad y en la forma de planificar el proceso de producción de la cal.

1.2 Planteamiento del problema

A nivel mundial, la cal es considerada un insumo indispensable y estratégico en diversas industrias, es por ello que en países industrializados se registra un consumo promedio de producto bruto por persona de 80 kg/año. Este alto requerimiento se explica por la amplia gama de aplicaciones que tiene la cal, interviniendo desde la elaboración de productos farmacéuticos hasta la purificación de aguas, siendo especialmente influyente en sectores como acuicultura, construcción, minería y tratamiento de aguas (González & Escobar, 2021).

La Organización de las Naciones Unidas (2022), menciona que dicha actividad constituye un importante motor de crecimiento, representando alrededor del 5% del producto interno bruto y 7% del comercio global. Sin embargo, este sector enfrenta el desafío de incrementar su productividad para satisfacer la creciente demanda mundial de este insumo. En ese sentido, el Fondo Monetario Internacional (2021), señala que la productividad dentro de esta industria ha crecido sólo un 0.3% anual en las últimas décadas, situación que limita su competitividad. Esta condición evidencia la necesidad urgente de mejorar la eficiencia de los procesos productivos en este sector, mediante la incorporación de tecnologías avanzadas, la adopción de modernas técnicas de ingeniería industrial, que permitan optimizar las operaciones y utilizar de forma responsable los recursos (pp. 1-15).

A nivel nacional, la fabricación de cemento, yeso y cal tiene un peso protagónico en la economía de la provincia de Chimborazo, representando el 54% del sector manufacturero (INEC, 2020). Esto pone de manifiesto la importancia estratégica de la industria calera en la dinámica productiva local. Sin embargo, según la Corporación Andina de Fomento (2023), Ecuador arrastra una notoria brecha de productividad de alrededor del 40% frente al promedio regional, situación que también se hace evidente en las fábricas chimboracenses con una tasa de crecimiento del 33,5 % en el sector de agricultura y minas (Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo, 2022, p.13). Este desfase destaca la urgencia de consolidar métodos de análisis en ingeniería industrial para emprender acciones concretas hacia una mejora continua, sostenible en la productividad de la industria calera de la región, con el objetivo de impulsar la innovación desarrollo y competitividad en la industria.

Dentro de este panorama, PROCALSACOM en la ciudad de Riobamba emerge como un actor clave en la producción de hidróxido de calcio, con una planta de producción localizada en la periferia del sector urbano de la ciudad, con un total de 14 trabajadores, datos internos de la empresa revelan desafíos operativos que podrían afectar su posición competitiva. Se observa una reducción significativa en la productividad, pasando de 470 sacos producidos a 433 sacos actualmente, además que los costos operativos han experimentado un aumento del 15% en los últimos dos años.

En este sentido, la empresa está presentando deficiencias en el proceso de producción, actualmente se está utilizando 4m³ de biomasa de madera con 7m³ de piedra por cada ciclo de producción de cal, que es la capacidad máxima que ingresa en el horno, la máxima cantidad de sacos que se obtiene por ciclo, es de 200 sacos, de los cuales existe una cantidad de material aproximadamente a 22 sacos, que es separada del lote y clasificada como rechazo lo que generara una pérdida del 11% por lote producido.

Adicionalmente, se identifican falencias en la parte organizativa, no se han definido correctamente las responsabilidades dentro del proceso productivo, lo que ha ocasionado una perdida recurrente en cada lote, además se aprecia una falta de control de calidad en las etapas del proceso de producción, un inexistente plan de mantenimiento de los molinos, los mismos que han bajado la cantidad de cal molida por hora, referente a datos de años anteriores, todo esto sumando a tiempos muertos, movimientos incensarios, han generado una baja en la eficiencia operativa y por ende en los ingresos económicos de la empresa.

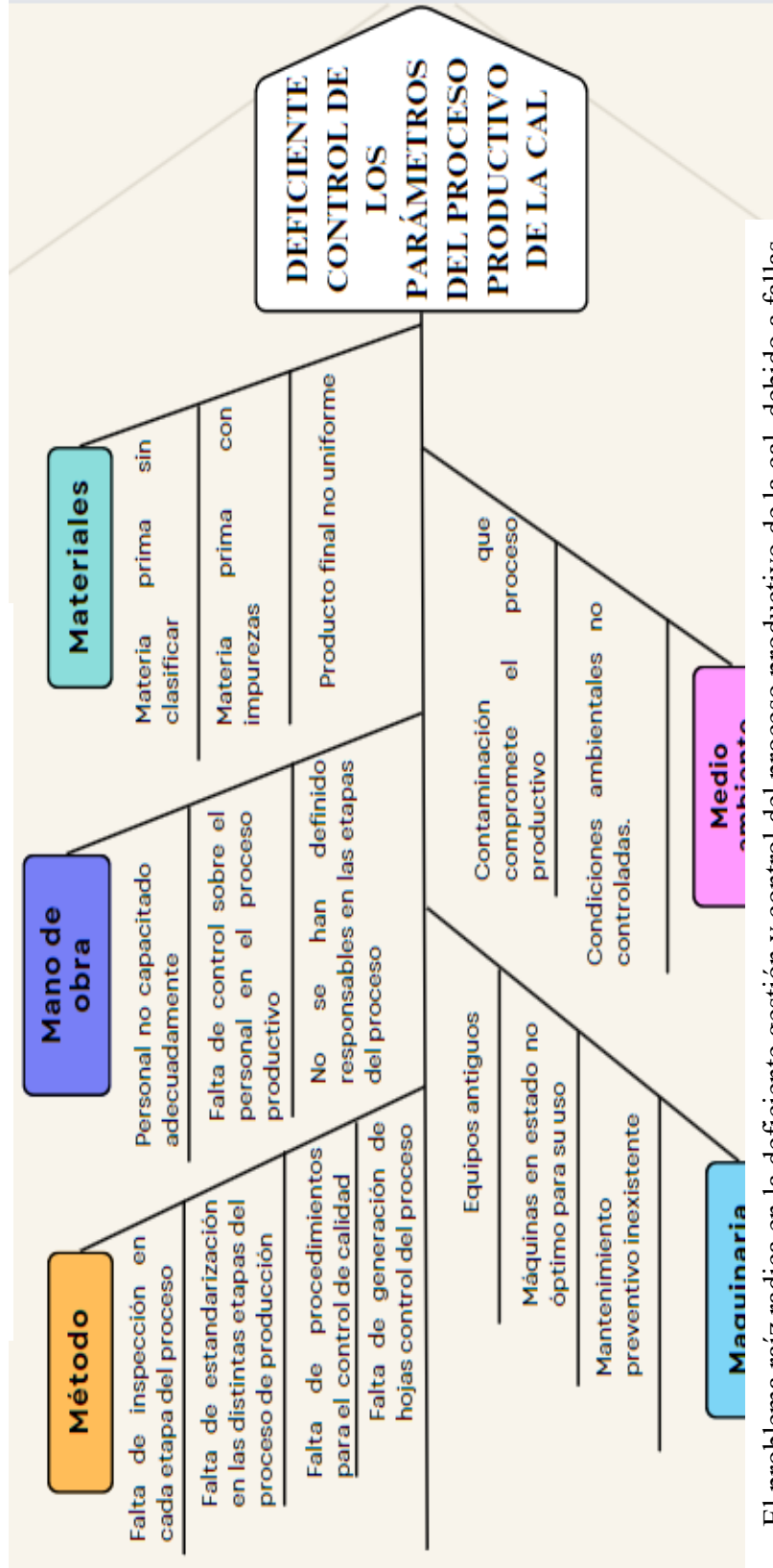
En consecuencia, se evidencia la necesidad de implementar un "Estudio de Tiempos y Movimientos en la producción de hidróxido de calcio en la Empresa PROCALSACOM – Riobamba" con la finalidad de reducir los problemas ocasionados por la falta de control, y se

pueda establecer claramente las actividades en cada etapa del proceso de producción, y finalmente con la aplicación de métodos de evaluación adecuados se pueda asegurar la competitividad y sostenibilidad en el mercado.

Los problemas encontrados en la presenta se presentan mediante el diagrama de Ishikawa, como se observa en la Figura 1.

Figura 1

Diagrama de Ishikawa empresa PROCALSACOM



El problema raíz radica en la deficiente gestión y control del proceso productivo de la cal, debido a fallas en la logística y a procedimientos totalmente empíricos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar el estudio de tiempos y movimientos para el proceso de producción de hidróxido de calcio en la empresa “PROCALSACOM C.L” para aumentar su productividad.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer los métodos actuales de fabricación del hidróxido de calcio a través de herramientas de ingeniería para identificar los factores que influyen en el estado actual del proceso.
- Realizar el estudio de tiempos y movimientos aplicando principios de economía de movimientos y tiempos para buscar la estandarización de las etapas del proceso.
- Documentar los procesos y establecer las etapas del proceso de producción de hidróxido de calcio para resolver los problemas encontrados aumentando la productividad de la empresa.

1.4 Formulación del problema

¿De qué manera la aplicación de un estudio de tiempos y movimientos contribuye a mejorar la productividad en el proceso de producción de hidróxido de calcio de la empresa PROCALSACOM C.L.?

1.5 Justificación

A nivel mundial la producción de hidróxido de calcio ha ido innovando sus procesos productivos constantemente, para ello se ha implementado nuevas tecnologías y métodos industriales, con la finalidad de aumentar la productividad y la calidad del producto elaborado, en este aspecto, para que una empresa siga siendo competitiva tiene que ir creciendo conjuntamente a las exigencias del mercado global.

En este sentido el presente trabajo de investigación busca plantear soluciones en función a los problemas encontrados, que permitan a la empresa PROCALSACOM, aumentar su productividad eliminando pérdidas recurrentes, tiempos innecesarios, identificando puntos críticos en la línea de producción y estandarizando tiempos que deben ser ejecutados en las distintas etapas del proceso de producción del hidróxido de calcio.

La ejecución del proyecto es totalmente viable, puesto que, se evidencia la necesidad dentro de la empresa de realizar un aumento en su productividad, además de contar con todo el apoyo de la misma, adicional a esto se dispone de toda la predisposición del personal docente de la facultad, mismo que acompañaran la ejecución del trabajo, garantizando su relevancia.

La importancia del estudio se demuestra al establecer procesos claros y ordenados en donde se describen las secuencias necesarias de las distintas etapas proceso de producción del hidróxido de calcio, relacionado: los equipos y maquinarias que intervienen, la materia prima e insumos que se transforman, las personas que operan el proceso lo que genera un panorama global del proceso y permite establecer correctamente el índice de productividad actual.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Antecedentes

Parra et al. (2020) desarrollaron una investigación denominada: Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor en una empresa generadora de energías limpias, con el objetivo de poder identificar aspectos claves en la baja productividad del personal, se empleó como diagnóstico inicial el diagrama de Ishikawa empleando las 6M, y mediante el empleo del estudio de tiempos y movimientos se determinó las etapas del proceso presentaban inconvenientes, concentrándose en presentar soluciones a los problemas encontrados.

Del mismo modo Manobanda (2019), desarrolló una investigación denominada: Estudio de tiempo y movimientos del proceso de fabricación del proceso operativo de fabricación de ropa interior y su incidencia en la productividad de la empresa D'CRISTIAN MARYURI, con el objetivo de mejorar la productividad en el proceso de producción, para ello se optó por realizar un diagnóstico inicial de la empresa, con la ayuda de diagramas de operaciones y mediante el cálculo del tiempo estándar para cada etapa, se determinó que etapas del proceso presentaban deficiencias, además estadísticamente se demostró que el estudio de tiempos y movimientos incide positivamente en la productividad de la empresa.

En esa misma línea de investigación Gómez (2021), desarrolló una investigación denominada “Mejora de la productividad en la producción de calzado en la empresa Facalsa de la ciudad de Ambato mediante la estandarización de tiempos”, con el objetivo de conseguir un aumento en el valor de la productividad encontrada en el proceso de producción, se procedió a identificar las distintas etapas que estaban presentes en el proceso y establecer los tiempos necesarios para cada una de ellas, acto seguido se procedió a estandarizar las etapas necesarias, obteniéndose un aumento de la productividad del 30,6%.

Del mismo modo Muñoz Choque (2021), desarrolló una investigación denominada: Estudio de tiempos y su relación con la productividad, con el objetivo de establecer que existe una relación entre el índice de productividad y la aplicación de un estudio de tiempos y movimientos en la empresa FANCESA, se utilizó un análisis bibliográfico para establecer los factores que intervienen dentro de la productividad, luego se procedió al estudio de método y se finalizó con el estudio de tiempos, al final se presentó un nuevo método que eliminó tiempos innecesarios, y se demostró estadísticamente que el nuevo método mejoró la productividad inicial.

2.2 Estado del arte

2.2.1 Ingeniería de métodos

Es una técnica que se enfoca en aumentar la productividad de una empresa o proceso, mediante la aplicación de varios métodos con el fin de eliminar desperdicios, tiempos incensarios, tareas repetidas, para conseguir que las mismas sean realizadas en menos tiempo y su proceso sea el más óptimo (García Criollo, 2005).

En este sentido se puede establecer que la ingeniería de métodos se centra en dos actividades esencialmente:

Simplificación del trabajo: consiste en analizar detalladamente todas las operaciones que se encuentran dentro de un determinado proceso mediante la ampliación de distintos métodos, con el fin de conseguir algún grado de mejoría en el proceso.

Medida del trabajo: se busca analizar cuál es el método utilizado para realizar las actividades dentro de un proceso, tiempos de ejecución de cada actividad y cuáles son las condiciones en las que se realiza.

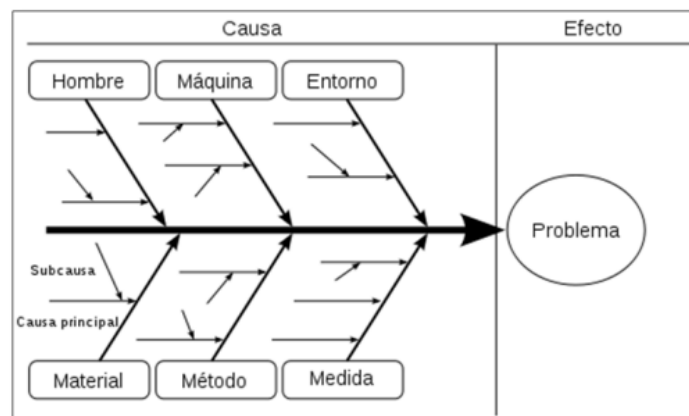
2.2.2 Herramientas de mejora de procesos

2.2.2.1 Diagrama causa-efecto.

Es una herramienta que permite representar gráficamente las causas y efecto de un problema determinado, es más conocido como diagrama de Ishikawa, para realizar un correcto análisis se debe: establecer el problema a ser analizado, establecer de forma amplia las ramas principales, esto enmarcado en varias metodologías, pudiendo ocupar el método de las 5M, establecer las ramas secundarias que hacen relación a factores específicos y por último analizar el diagrama (Bocángel et al., 2021). El esquema del diagrama causa-efecto se observa en la Figura 2.

Figura 2

Esquema diagrama causa-efecto



Nota. Adaptado de *Ingeniería industrial-Ingeniería de Métodos I* (p.37), por Bocángel et al., 2021.

2.2.2.2 Diagrama de flujo de proceso.

Es una representación visual de todas las operaciones que están en un determinado proceso o actividad, donde se debe de incluir información necesaria para el análisis del mismo, siendo estas: tiempo en cada etapa y distancias, todo esto con el empleo de simbología estandarizada (García Criollo, 2005), los símbolos estandarizados utilizados se los puede observar en el Figura 3.

Figura 3
Simbología del diagrama de flujo de proceso

Actividad	Símbolo	Resultado
Operación		Se produce o se realiza algo
Transporte		Se cambia de lugar o se mueve un objeto
Inspección		Se verifica la calidad o cantidad de un producto
Demora		Se interfiere o retrasa el paso siguiente
Almacenaje		Se guarda o se protege el producto o los materiales.

Nota. Adaptado de *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (p.45), por García Criollo, 2005, McGrawHill

2.2.2.3 Diagrama de recorrido

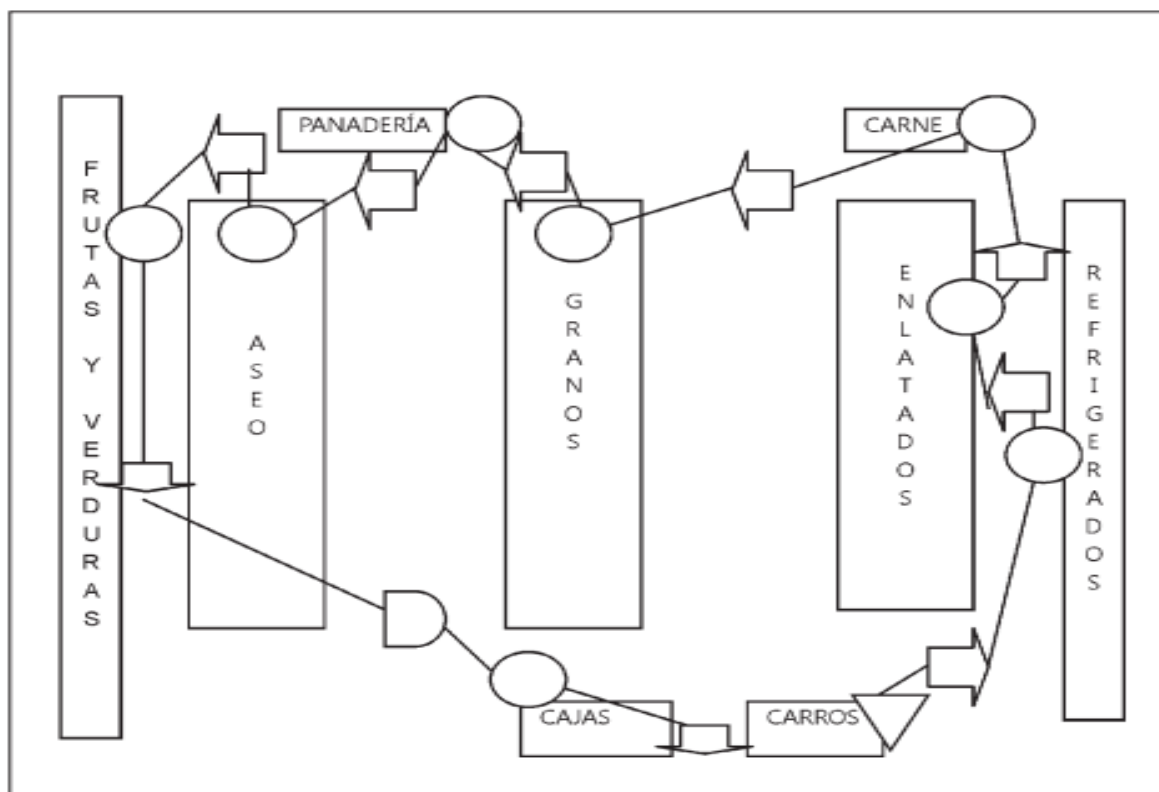
Permite visualizar de manera global todo un proceso, para ello se utiliza de base un croquis de las instalaciones, donde se denota la distribución de la planta de producción y se expresan las operaciones que ahí ocurren al igual que el diagrama de operaciones (Palacios, 2009). Las ventajas que proporciona este diagrama son:

- Establece un panorama completo de las instalaciones y los procesos ahí presentes.
- Permite plantear cambios.
- Un análisis correcto permite optimizar espacios y reducir tiempos entre cada operación.

Un esquema del diagrama de recorrido se lo puede observar en la Figura 4.

Figura 4

Esquema diagrama de recorrido



Nota. Adaptado de *Ingeniería de Métodos: Movimientos y Tiempos* (p.86), por A. Palacios, 2009, Ecoe Ediciones.

2.2.2.4 Diagrama SIPOC

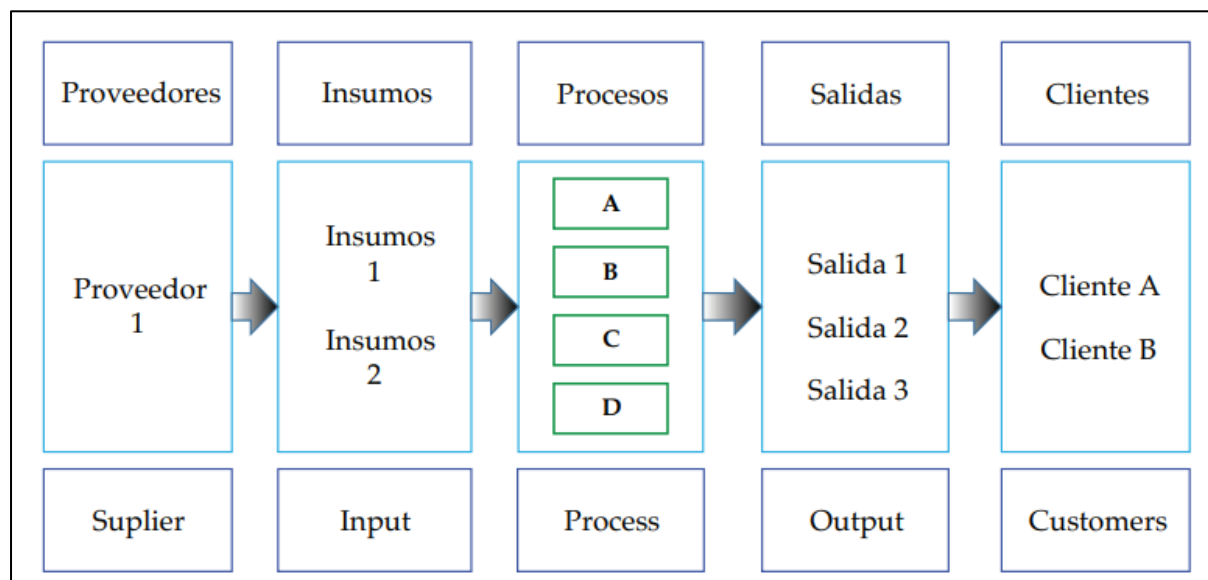
Es una herramienta que nos permite el análisis de un proceso a un nivel global, su nombre característico se da por que se analiza: proveedores, entradas, proceso, salida, y el cliente, permite establecer los parámetros del proceso y establecer la cadena de valor del mismo (Burgos & Villacrés, 2024).

Entre las principales características de esta matriz se encuentran:

- Es fácil de usar y entender
- Se utiliza antes de realizar una mejora de un proceso
- Relaciona a todos los involucrados dentro de un proceso.

Para emplear esta matriz es necesario: establecer el proceso a ser analizado, luego se establecen los proveedores en función a la actividad a realizar, las entradas hacen referencia a los recursos a ser utilizados, el proceso son las actividades o pasos necesarios para poder transformar los recursos de entrada en el producto deseado, la salida hace referencia al producto obtenido y los clientes al grupo al que está dirigido el producto, la estructura de una diagrama SIPOC, se puede observar en la Figura 5.

Figura 5
Estructura de un diagrama SIPOC



Nota. Fuente: *Elementos de Administración Industrial, Herramientas y Aplicaciones* (p. 154), por Burgos & Villacrés, 2024, Editorial Unach.

2.2.2.5 Diagrama hombre-máquina.

En un instrumento que gráficamente establece la relación entre los operarios y la máquina que están utilizando, puede identificar como un determinado proceso involucra al operario y a la máquina (Caballero, 2019).

Permite dividir un proceso en varias actividades, para luego poder determinar el tiempo de cada una de ellas, tiene varias aplicaciones entre las que destacan: optimización de procesos, se puede minimizar el esfuerzo del operario, se incrementa la eficiencia, permite una adecuada distribución de recursos.

El procedimiento para realizar un diagrama hombre-máquina es:

- Identificar el proceso a ser analizado
- Determinar el inicio y fin del proceso.
- Establecer todas las actividades que se realizan para llevar a cabo el proceso.
- Identificar el tiempo de cada actividad
- Construir el diagrama.

El diagrama hombre-máquina se le puede observar en la Figura 6.

Figura 6

Extracto diagrama hombre-máquina

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA															
Hoja N°		De:		Diagrama N°:		Proceso:		Metodo:							
Fecha: DD/MM/AA				Elaborado por:				Maquina 1:		Maquina 3:					
El estudio Inicia:				Operario:				Maquina 2:							
Operario				Máquina 1				Máquina 2				Máquina 3			
	Carga	Tiempo	Actividad	Carga	Tiempo	Actividad	Carga	Tiempo	Actividad	Carga	Tiempo	Actividad			
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

Nota. Adaptado de *Estudio de Métodos Diagrama Hombre-Máquina* (p.4), por R. Caballero, 2019.

2.2.3 Estudio de tiempos y movimientos

Es una técnica muy utilizada en la industria, cuyo fin es el análisis del método de trabajo empleado, para ello, se registran los tiempos observados durante la ejecución de las actividades de dicho proceso, para su posterior análisis, determinando así el tiempo necesario que debería ocupar cada actividad; donde los materiales necesarios para emplear esta técnica son: cronometro y fichas de recolección de datos (Kanawaty, 1998).

2.2.3.1 Tamaño de la muestra

Según menciona Kanawaty (1998), el tamaño de la muestra, que en este caso es el total de observaciones, está en base a condiciones estadísticas, por lo que es necesario considerar: el nivel de confianza y el margen de exactitud buscados, todo esto en base a un número de observaciones aleatorias previas del proceso ser medido, como se observa en la Ecuación 1.

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad [1]$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

n'= número de observaciones aleatorias

Σ = Sumatoria

x= el valor obtenido de las observaciones

Todo esto con las consideraciones: de un error del 5% y un nivel de confianza del 95%, que son parámetros más ocupados para análisis estadísticos (p. 300).

En la práctica la aplicación de métodos estadísticos para determinar el tamaño de la muestra puede resultar cierto grado de dificultad, debido a que existen varias actividades dentro

un proceso, por lo que se debería considerar tomar como tamaño de la muestra a la actividad que requiera mayor número de observaciones (Kanawaty, 1998).

Existe diversidad de criterios en cuanto al cálculo de tamaño de muestra, debido a que está en base a un parámetro inicial que son las observaciones aleatorias donde, aunque se esté en el intervalo de confianza del 95%, el número de observaciones totales puede variar en función a este parámetro, por lo que se menciona que General Electric Company desarrolló una tabla para determinar el total de observaciones en función al tiempo total que se demora cada ciclo (Niebel & Freivalds, 2009). Los valores para cada ciclo se observan en la Tabla 1.

Tabla 1

Número recomendado de ciclos

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0,10	200
0,25	100
0.50	60
0.75	40
1,00	30
2,00	20
2,00 – 5,00	15
5,00 – 10,00	10
10,00 – 20,00	8
20,00 – 40,00	5
40,00 o más	3

Nota. Fuente: *Ingeniería Industrial: Métodos estándares y diseño del trabajo* (p. 340), por Niebel & Freivalds, 2009, McGraw Hill

2.2.3.2 Tiempo normal (TN)

Hace referencia al tiempo que debería tomarle a un trabajador realizar una actividad, todo esto en condiciones normales, este tiempo consiste es ajustar el tiempo observado (TO) en función del desempeño del trabajador (Niebel & Freivalds, 2009, p. 343), como se observa en la Ecuación 2.

$$TN = TO * \frac{C}{100} \quad [2]$$

Donde:

TN = Tiempo normal

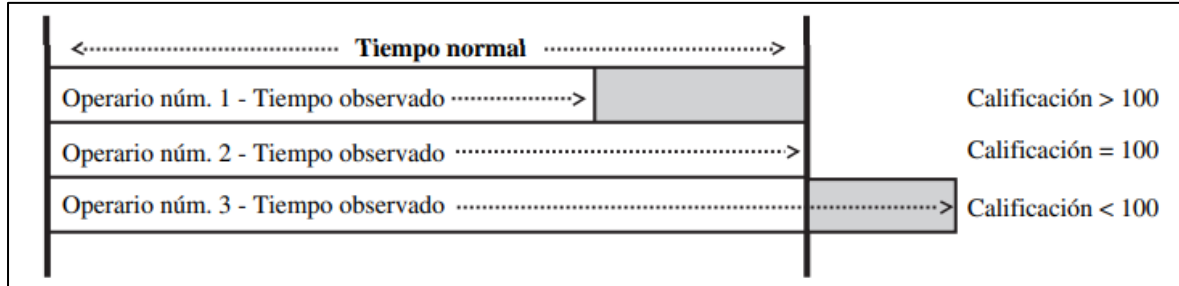
TO = Tiempo observado

C = Calificación en % del desempeño del operario

Para determinar la calificación del desempeño del operario, es necesario determinar un valor entre 0 y 100 donde, donde 100 se consideraría un desempeño normal y menores a este se consideraría que al operador le falta capacitación, esta estimación depende directamente de la experiencia que tenga el observador, esta relación de calificación de desempeño se puede observar en la Figura 7.

Figura 7

Relaciones de tiempo observado y calificación



Nota. Adaptado de *Ingeniería Industrial: Métodos estándares y diseño del trabajo* (p. 362), por Niebel & Freivalds, 2009, McGraw Hill

En la figura se observa una comparación del tiempo observado en función del tiempo normal, donde un tiempo observado igual al tiempo normal corresponde a una calificación de 100, un tiempo observado menor al tiempo normal corresponde a una calificación mayor a 100 y un tiempo observado mayor al tiempo normal corresponde a un valor menor a 100.

2.2.3.3 Tiempo estándar (TE)

Es el tiempo necesario para que un trabajador que este calificado pueda desarrollar una actividad, con la consideración que el esfuerzo realizado es promedio, para determinar este tiempo es necesario comprender que existen factores que afectan el continuo desarrollo del trabajo, a estos factores se les denomina holguras, siendo estas: pausas necesarias propias de los seres humanos, cansancio propio de cualquier actividad y situaciones inevitables correspondientes el proceso realizado, teniendo todo esto en consideración se puede determinar el tiempo adecuado y razonable que debería emplear el trabajador (Niebel & Freivalds, 2009).

Le expresión que permite determinar este tiempo se observa la Ecuación 3.

$$TE = TN + (TN * H) \quad [3]$$

Para la consideración de las holguras es necesario tener presente las holguras presentes, para tener en consideración todas las demoras e interrupciones presentes en base a esto se tiene que comúnmente se utilizan: 5% para holguras personales, 4% para fatiga básica y además se tiene cantidades adicionales, como se observa en la Figura 8.

Figura 8
Holguras

Holguras constantes	
Necesidades personales	5
Fatiga básica	4
Holguras de descanso variables	
Holguras por postura	
Parado	2
Incómodo (fexionado, acostado, en cuclillas)	10
Niveles de iluminación	
Un nivel (una subcategoría de IES) abajo de lo recomendado	1
Dos niveles abajo de lo recomendado	3
Tres niveles (categoría IES completa) abajo de lo recomendado	5
Esfuerzo visual (atención estrecha)	
Trabajo fino	2
Trabajo muy fino	5
Esfuerzo mental	
Primera hora	2
Segunda hora	4
Cada hora sucesiva	+2
Monotonía	
Primera hora	2
Segunda hora	4
Cada hora sucesiva	+2

Nota. Adaptado de *Ingeniería Industrial: Métodos estándares y diseño del trabajo* (p. 381), por Niebel & Freivalds, 2009, McGraw Hill

2.2.4 Productividad

Es una forma de medir la utilización de los recursos en la generación de productos o servicios en una entidad productiva, este término relaciona la eficiencia y sirve a las empresas para establecer, controlar y mejorar el rendimiento en un determinado proceso, producto o como un indicador global; en síntesis, es una forma para establecer el desempeño de una industria (Stevenson, 2015).

2.2.4.1 Productividad parcial

La productividad parcial evalúa la eficiencia de un solo recurso o factor de producción en relación con la producción obtenida. Se enfoca en la relación entre una entrada específica siendo esta: horas de trabajo o el capital empleado y la salida generada (Stevenson, 2015). Se puede determinar con la Ecuación 4.

$$Productividad\ Parcial = \frac{Salida}{Horas\ de\ trabajo\ o\ capital\ empleado} \quad [4]$$

2.2.4.2 Productividad multifactorial (PMF)

La productividad multifactorial busca examinar la eficiencia combinada de varios factores de producción en relación con la salida total, se considera una combinación ponderada de distintos factores de entrada en lugar de uno solo (Stevenson, 2015) Se puede determinar empleando la Ecuación 5.

$$PMF = \frac{\text{Salida}}{\text{Suma de varias entradas}} \quad [5]$$

2.2.4.3 Productividad total (PFT)

La productividad total de los factores mide la eficiencia general de todas las entradas utilizadas en la producción en relación con la salida total, la productividad total considera todos los recursos utilizados (Stevenson, 2015). Se puede determinar empleando la Ecuación 6.

$$PFT = \frac{\text{Salida total}}{\text{Suma de todas las entradas}} \quad [6]$$

2.2.5 Aplicaciones del cálculo de la productividad

2.2.5.1 Competitividad

Una empresa que quiera ser competitiva en el mercado, ya sea global o internacional debe buscar una manera de diferenciación, al ser la productividad la forma en que relacionamos la mano de obra con el producto final, si se aumenta la productividad mejoramos directamente alguno de los factores que aquí intervienen, por ejemplo, aumentando la confiabilidad en la mano de obra se aumenta directamente el grado de confianza de los consumidores sobre el producto final (Heizer & Render, 2018).

2.2.5.2 Ventaja competitiva

Determinar la productividad en un proceso de una empresa, trae consigo un panorama completo de todos los insumos que allí se generan, si se busca la diferenciación del producto con la adición de un valor agrado, se debe trabajar directamente con la productividad del proceso, si se aumenta la productividad del mismo, es porque se ha generado un cambio positivo en alguno de los insumos mencionados (Heizer & Render, 2018).

2.2.5.3 Evaluación del desempeño organizacional

El cálculo de la productividad permite establecer un rendimiento obtenido del proceso o en términos generales de la empresa, se puede establecer áreas de mejora, generando objetivos enfocados en alcanzar metas realistas que permitan aumentar la productividad (Heizer & Render, 2018).

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Enfoque

El presente trabajo de titulación optó por un enfoque predominantemente cuantitativo, en función a la búsqueda de datos numéricos, que permitan el análisis óptimo de las variables de estudio, resultando en un mejor entendimiento de todas las etapas del proceso de producción de cal.

3.2 Modalidad

- **Investigación de campo:** debido a que toda la información se levantó directamente en las instalaciones de la empresa, se garantizó el cumplimiento de los objetivos del trabajo de titulación.
- **Investigación documental-bibliográfica:** se utilizó como sustento la parte de análisis y procesamiento de datos, basándose en investigaciones previas con acompañamiento de fuentes bibliográficas académicas.

3.3 Nivel

Se estableció un nivel descriptivo, puesto que, se buscó determinar detalladamente toda la información del proceso de producción de cal, permitiendo establecer las causas y efectos de la problemática dentro de la empresa PROCALSACOM, permitiendo determinar los aspectos claves a mejorar dentro de la misma.

3.4 Técnicas e instrumentos

Observación directa: técnica que permite obtener información directa en la empresa, y mediante la utilización de varios instrumentos, se pueda generar el levantamiento de la información para su posterior análisis, los instrumentos a utilizar son:

- Guías de observación.
 - Hojas de estudio de tiempos.
 - Cursograma sinóptico.
 - Diagramas de actividades.
 - Tabla de registro de tiempos para cada proceso.
 - Diagramas analíticos y operacionales
 - Diagrama Bimanual
- **Entrevista:** técnica que permite conocer aspectos claves desde el punto de vista dentro de la empresa, generando información que por observación no es posible, siendo estos los aspectos administrativos de la misma.

3.5 Contexto

- **Contexto temporal:** La investigación se realizará en un lapso de 6 meses.
- **Contexto gráfico:**
 - Provincia:** Chimborazo
 - Cantón:** Riobamba
 - Parroquia:** Licán

3.6 Población y muestra

Población: La población de la presente investigación está constituida por la información generada durante el proceso productivo de hidróxido de calcio de la empresa PROCALSACOM C.L., considerando los datos relacionados con los tiempos de operación, movimientos y etapas del proceso.

Muestra: La muestra está conformada por la totalidad de los datos del proceso productivo, por lo que coincidió con la población, permitiendo analizar todas las etapas del proceso.

3.7 Operacionalización de las variables

Tabla 2

Operacionalización de variables: variable independiente (estudio de tiempos y movimientos)

Conceptualización	Dimensiones	Indicador	Ítem Básico	Técnica	Instrumentos
El estudio de tiempos y movimientos es una técnica que tiene por objetos, evitar movimientos innecesarios del trabajador, reducir el tiempo necesario para ejecutar una actividad, mejorar la calidad y confianza en el producto eliminando o reduciendo los movimientos ineficientes y acelerando los eficientes.	1. Estudio de tiempos	• Tiempo observado • Tiempo normal • Tiempo estándar • Eficiencia del tiempo	• ¿Existe un registro de tiempos en cada etapa del proceso? • ¿Se han identificado tiempos muertos en el proceso productivo?	• Observación • Encuesta • Entrevista	• Ficha de observación • Cuestionario • Guía de entrevista
	2. Estudio de movimientos	• Número de movimientos • Movimientos repetitivos • Secuencia de movimientos	• ¿Los movimientos realizados por los trabajadores son los más óptimos? • ¿Las actividades que realizan los trabajadores son los más adecuados a las operaciones?		

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

Tabla 3

Operacionalización de variables: variable dependiente (productividad)

Conceptualización	Dimensiones	Indicador	Ítem Básico	Técnica	Instrumentos
La productividad es la capacidad de hacer más tareas en menos tiempo, por lo que, si una empresa es capaz de mejorar su productividad, significa que el valor de sus productos crece a una tasa más alta que con la que crecen las materias primas con las que está creando dicho producto.	• Producto • Recursos	• Hidróxido de Calcio • Instalaciones • Mano de Obra • Materia prima	• ¿Existe un registro adecuado de las cantidades de producto elaborado? • ¿El control de calidad realizado en adecuado? • ¿La cantidad de producto final corresponde a la cantidad de materia prima utilizada? • ¿La mano de obra utilizada se encuentra calificada? • ¿La relación entre los costos de producción y la cantidad de producto elaborada es positiva?	• Observación • Encuesta • Entrevista	• Ficha de observación • Cuestionario • Guía de entrevista

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

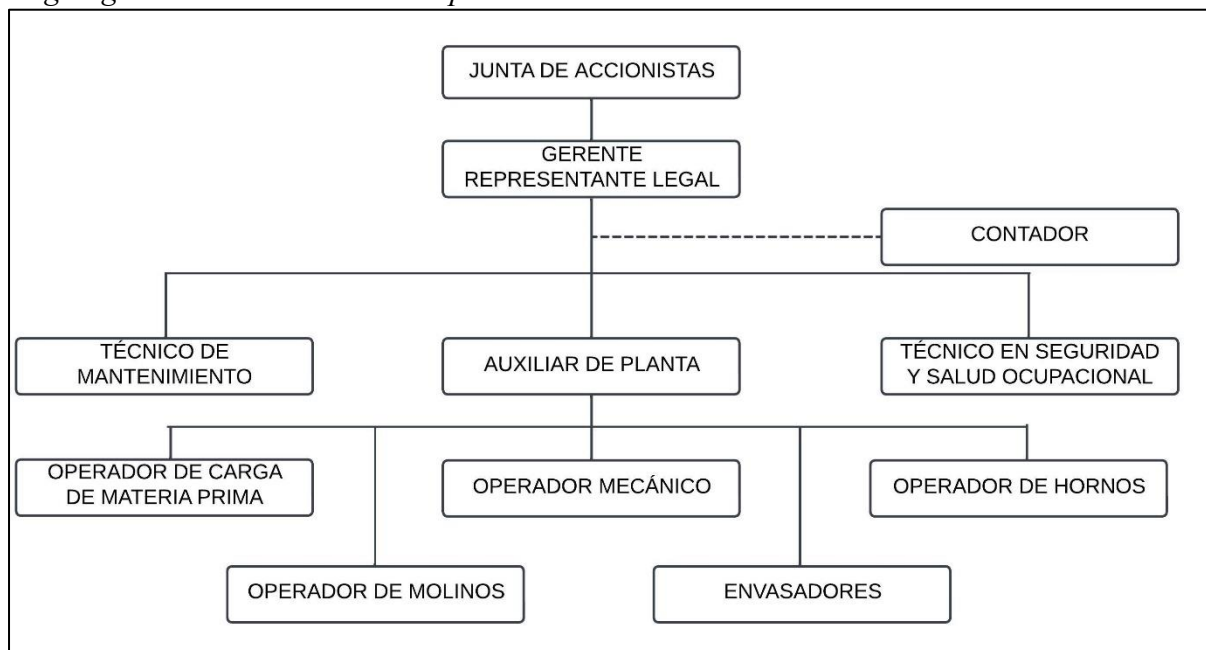
4.1 Análisis inicial

La empresa PROCALSACOM, es una empresa chimboracense dedicada al proceso de producción de hidróxido de calcio, durante más de 25 años ha utilizado en su mayoría los mismos procedimientos y métodos para la producción de cal, estos métodos, aunque han dado buenos resultados deben ser examinados y adaptados a las necesidades del mercado actual.

Para ello se entrevistó al Ing. Germán Santos, gerente de la empresa, para poder obtener toda la información necesaria que sirva como punto de partida de la presente investigación, se estableció las distintas etapas del proceso de producción de cal, así como los responsables de cada una de ellas, información que permitió realizar los distintos diagramas en cada etapa, para su posterior análisis y propuesta de mejora, como punto de partida se partió del sistema organizativo de la empresa como se puede ver en la Figura 9.

Figura 9

Organigrama estructural de la empresa PROCALSACOM

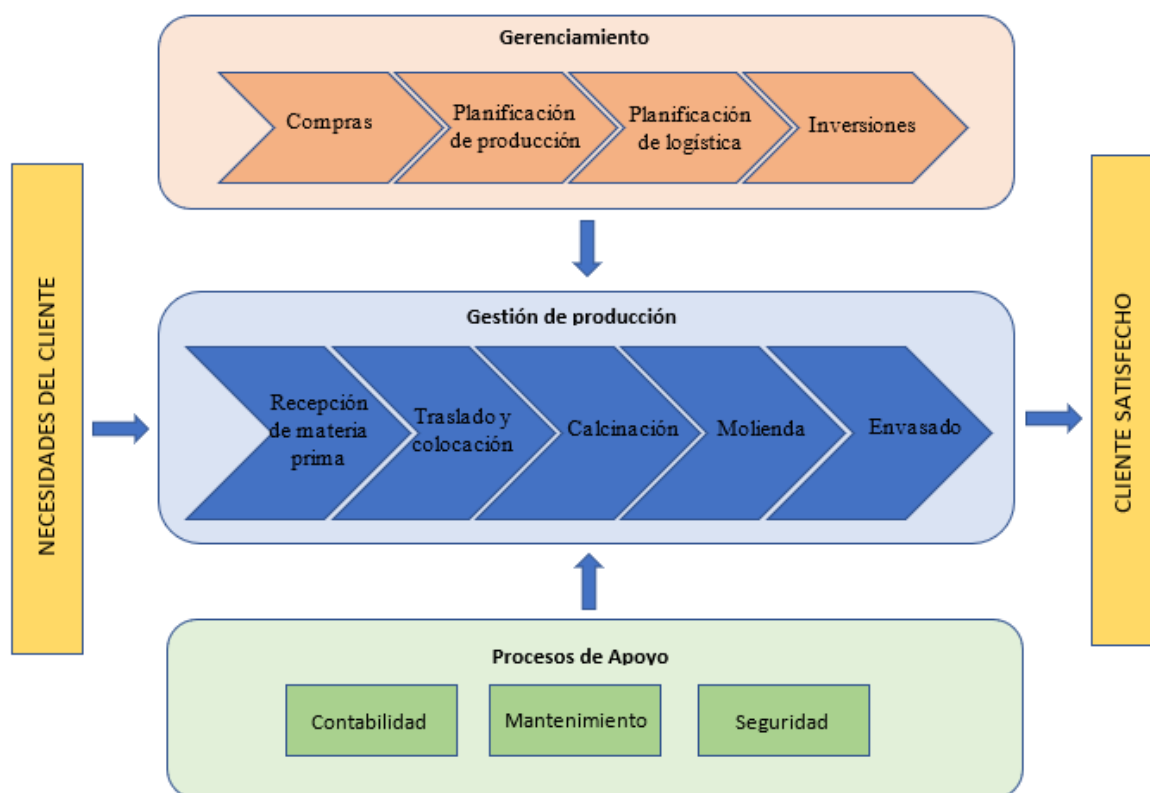


4.2 Mapa de procesos

En función a lo expuesto en la sección anterior y en base a los datos recopilados mediante la entrevista con el gerente de la empresa, se elaboró el mapa de procesos de la empresa PROCALSACOM, como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Mapa de procesos empresa PROCALSACOM



Fuente: PROCALSACOM (2025)

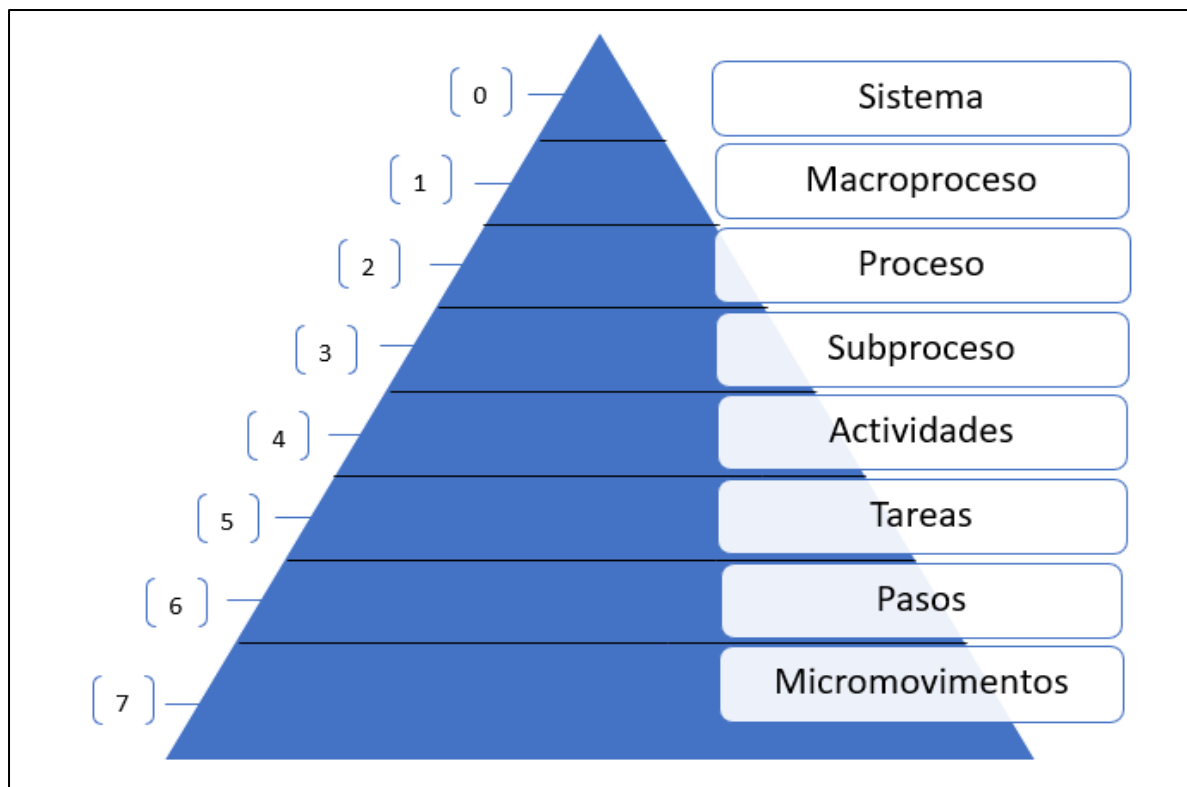
En la figura se aprecia que el proceso gobernante está expresado en color naranja, haciendo referencia a las actividades realizadas por el gerente, expresadas por la cadena de valor mostrada. En color azul se encuentra el proceso central, que es el proceso de producción, haciendo referencia a los subprocesos necesarios para generar el hidróxido de calcio y en verde se encuentran los procesos de apoyo encontrados.

4.3 Desagregación de procesos

Una vez construido el mapa de procesos de la empresa, es necesario desagregar cada proceso, para poder establecer de mejor manera las actividades, pasos o tareas necesarias que se ejecutan, para ello se toma como referencia el grado jerárquico determinado en el mapa de procesos, como se puede ver en la Figura 11.

Figura 11

Jerarquía de procesos



Nota. Adaptado de *Elementos de Administración Industrial, Herramientas y Aplicaciones* (pp. 1-216), por Burgos & Villacrés, 2024, Editorial Unach.

Donde se observa que el nivel 0 hace referencia al sistema que en nuestro caso es la empresa PROCALSACOM, el nivel 1 hace referencia a los macroprocesos que son: gerenciamiento, gestión de producción y procesos de apoyo, el nivel 2 hace referencia a los procesos dentro de cada macroproceso, los mismos que serán desglosados para entender mejor todas las actividades internas que poseen.

4.3.1 Gerenciamiento

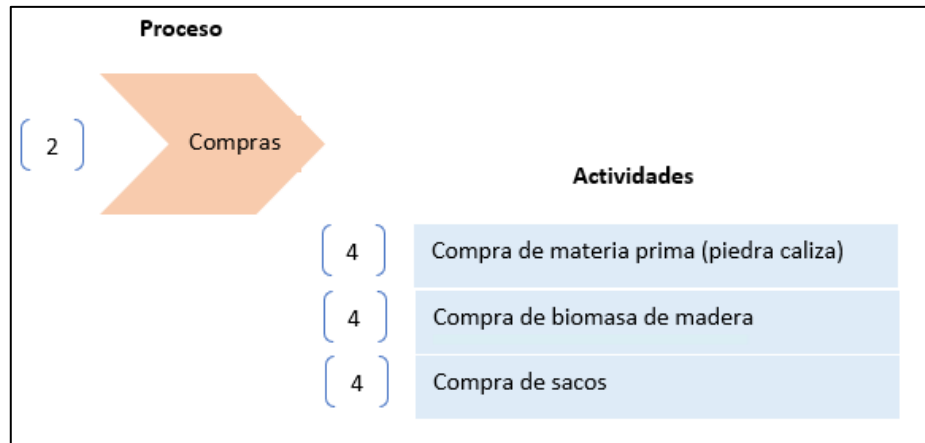
Este macroproceso nivel 1 se compone de 4 procesos que son: compras, planificación de producción, planificación de logística, inversiones.

4.3.1.1 Compras

El gerente general está a cargo de las compras de todos los insumos necesarios para empezar la producción de hidróxido de calcio, mismos que se observan en la Figura 12.

Figura 12

Desagregación del proceso: compras



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Compra de materia prima**

La cantidad de cal producida depende de la capacidad del horno de la empresa, por lo que cada ciclo de producción se necesita comprar: una volqueta con capacidad de 8 m³ de piedra caliza, que es la materia prima esencial para la producción de cal.

- **Compra de biomasa de madera**

Por ciclo de producción se necesita comprar: 1 camión con capacidad de 7 m³ de troncos de madera y una camioneta con capacidad de 3 m³ de leña.

- **Compra de sacos e hilo**

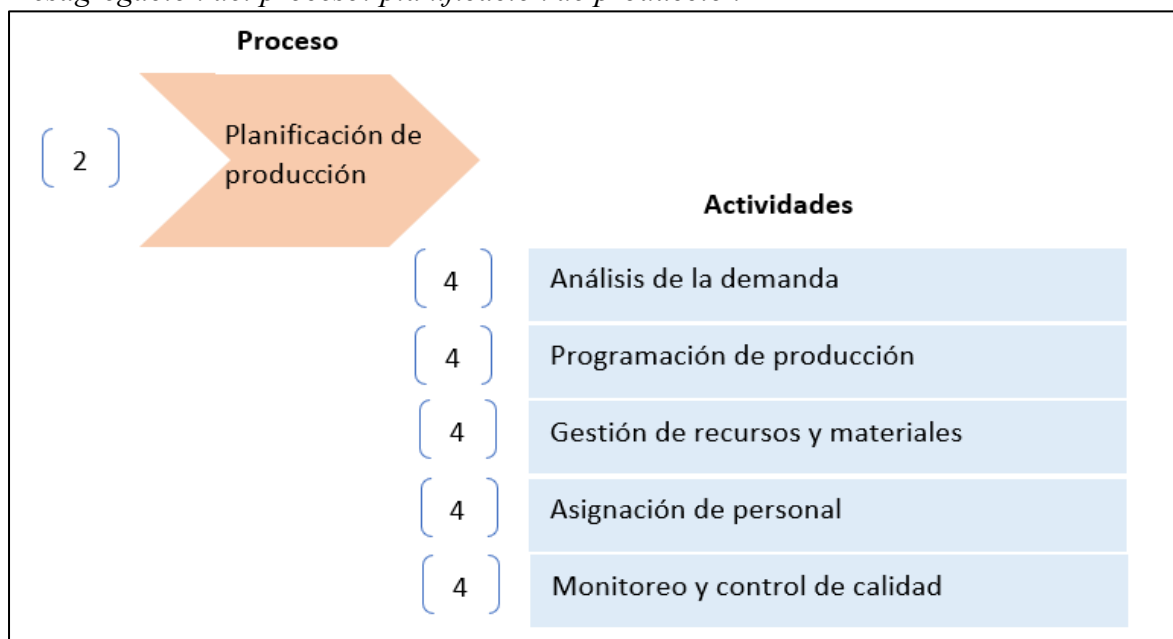
Por ciclo de producción se obtiene un promedio de 200 sacos por lo que se necesita comprar mínimo 200 sacos de capacidad de 25 kg, además de un carrete de hilo para sellar los mismos.

4.3.1.2 Planificación de producción

Una vez se tiene el pedido generado, se debe establecer al personal necesario para cada etapa del proceso de producción, así como establecer la hora del inicio del proceso, como se observa en la Figura 13.

Figura 13

Desagregación del proceso: planificación de producción



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Análisis de la demanda**

En función a la cantidad de sacos por pedido, en necesario determinar la cantidad de materia prima y cantidad de biomasa de madera que se va a necesitar.

- **Programación de producción**

En base al tiempo de entrega se programa el inicio de la producción, con la consideración de cada ciclo de producción tarda más de 24 horas en completarse.

- **Gestión de recursos y materiales**

En necesario garantizar que se cuente con todos los insumos necesarios antes de empezar el ciclo de producción para evitar desperdicios de material, pérdidas de tiempos; además de la materia prima y la biomasa de madera, es necesario contar con 225 litros de agua por ciclo de producción.

- **Asignación de personal**

En base a la hora de inicio y a la cantidad de cal a producir, se establece entre los trabajadores turnos de 8 horas para completar el pedido.

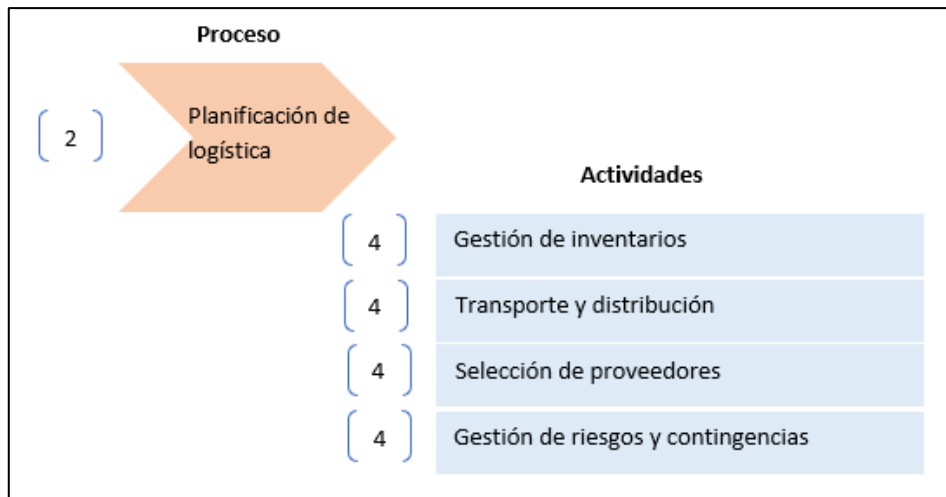
- **Monitoreo y control de calidad**

Durante todo el proceso el gerente revisa y controla que se cumpla con el procedimiento necesario en las respectivas etapas del proceso de producción.

4.3.1.3 Planificación de logística

Figura 14

Desagregación del proceso: planificación de logística



- **Gestión de inventarios**

Se encargará de garantizar y controlar existencia de cal en la zona de almacenamiento, así como los insumos para la fabricación de la misma.

- **Transporte y distribución**

Coordinar con transportistas la distribución del producto terminado, garantizando la entrega del producto.

- **Selección de proveedores**

Periódicamente evaluar y analizar los proveedores de materia prima, garantizando la calidad y los mejores precios para la empresa.

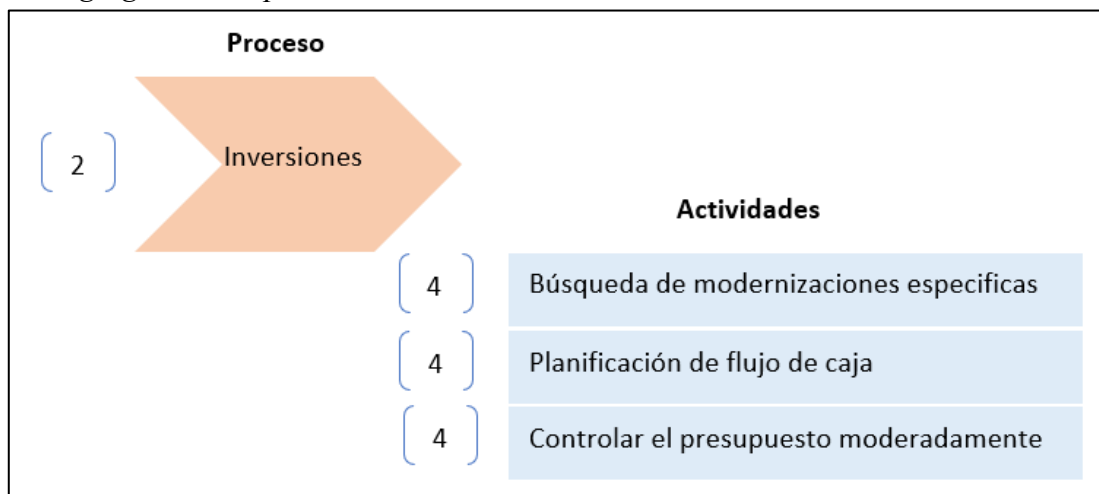
- **Gestión de riesgos y contingencias**

Siempre se considera un tiempo extra entre pedidos, puesto que han existido ocasiones en que por falta de control se pierde parte del lote de cal y se tiene que empezar un nuevo ciclo de producción.

4.3.1.4 Inversiones

Figura 15

Desagregación del proceso: inversiones



- **Búsqueda de modernizaciones específicas**

El gerente está a cargo de buscar mejoras tecnológicas que se ajusten al presupuesto de la empresa, y que permitan que se acople al nivel de exigencia del mercado actual.

- **Planificación de flujo de caja**

Dependiendo del ingreso del flujo de dinero el gerente realiza diversos ajustes como: recortar los gastos o acelerar los cobros.

- **Controlar el presupuesto**

Asigna parte del presupuesto total de la empresa para futuras mejoras sin afectar el equilibrio financiero y verifica que estos rubros no se excedan.

4.3.2 *Gestión de producción*

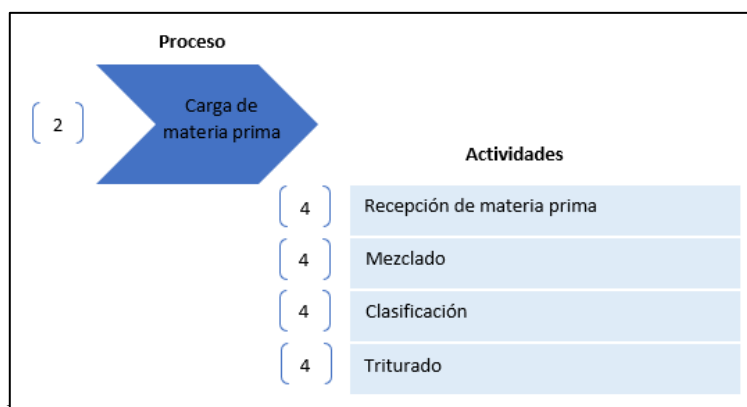
Este macroproceso nivel 1 se compone de 5 procesos que son: carga de materia prima, traslado y colocación, calcinación, molienda y envasado.

4.3.2.1 **Recepción de materia prima**

Primer proceso del macroproceso gestión de producción, en esta etapa se establecen todas las actividades desde que se recibe la piedra caliza hasta que esta lista para ingresar a los hornos como se observa en la Figura 16.

Figura 16

Desagregación del proceso: carga de materia prima



- **Recepción de materia prima**

Se recibe una volqueta de piedra caliza con capacidad de 8 m³, y se descarga el material en la zona establecida para la operación, como se observa en la Figura 17.

Figura 17

Recepción de materia prima



Fuente: PROCALSACOM (2025).

Del mismo modo se recibe la carga de biomasa de madera y se coloca en la zona establecida, siendo la carga: un camión con capacidad 7 m³ con troncos de madera y camioneta con capacidad de 3 m³ con leñas, como se observa en la Figura 18.

Figura 18

Recepción de biomasa de madera



Fuente: PROCALSACOM (2025).

- **Mezclado**

Para esta actividad solo se lo realizada en la piedra caliza, puesto que existen tres tipos de piedras por cada carga de la volqueta, siendo estas: Shobol, Ganquis, y Calera, que son las canteras de donde son extraídas, estas varían principalmente en color y características, obteniéndose con la mezcla de las tres un producto final de calidad.

- **Clasificación**

Esta actividad aplica tanto para la piedra caliza como para la biomasa de madera, primero se analiza que piedras son del tamaño necesario para ingresar al horno, siendo estas de un diámetro entre 10 y 15 cm y que las no cumplen con este detalle proceden al siguiente paso que es el triturado.

Segundo se analiza la biomasa de madera siendo estos: troncos y leños, con la consideración que los troncos son pedazos de madera relativamente grandes y los leños son

trozos de madera más pequeños, se los revisa para evitar tener pedazos de madera muy pequeños en el lugar de los troncos.

- **Triturado**

En esta actividad se aplica solo a las piedras, donde estas generalmente son de 40 a 50 cm, se golpean mediante el uso de combos para que estas se rompan y disminuyan su tamaño aproximadamente entre 10 y 15 cm, esta actividad se realiza manualmente entre uno o dos trabajadores dependiendo de la cantidad de piedra, como se observa en la Figura 19.

Figura 19
Actividad de triturado

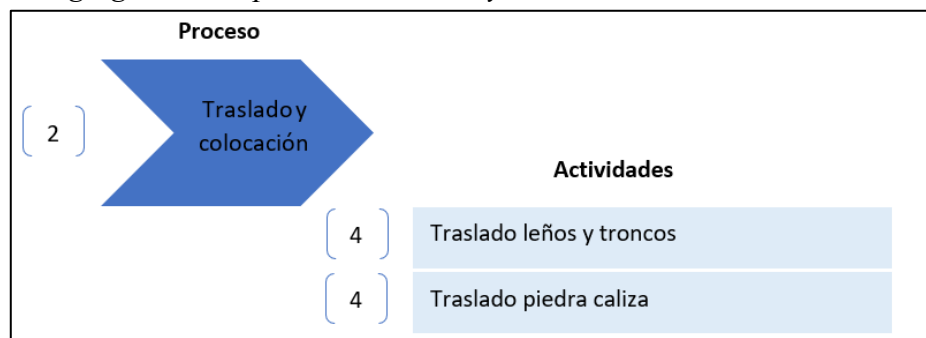


Fuente: PROCALSACOM (2025).

4.3.2.2 Traslado y colocación

Este proceso está conformado por dos actividades que son: traslado de leños y troncos y el traslado de la piedra caliza, como se observa en la Figura 20.

Figura 20
Desagregación del proceso: traslado y colocación



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Traslado de leños y troncos**

En el primer recorrido, un mini tractor con pala de carga frontal recoge los troncos y los lleva cerca del horno, este recorrido lo realiza dos veces y luego los vierten cerca del horno previamente encendido, donde un trabajador los empuja, como se observa en la Figura 21.

Figura 21

Traslado y colocación de troncos de madera



Fuente: PROCALSACOM (2025).

Para la leña, el mini tractor solo realiza un recorrido e igualmente los ubica cerca del horno, donde un trabajador los empuja directamente hacia el horno previamente encendido, como se observa en la Figura 22; se debe mencionar que el horno al ser de leña, casi siempre este encendido por lo que el proceso de encendido del mismo se lo realiza una vez cada mes.

Figura 22

Traslado y colocación de leños de madera



Fuente: PROCALSACOM (2025).

- **Traslado de piedra caliza**

Con el mini tractor se realizan tres recorridos, donde se recoge la piedra triturada y se la ubica directamente en el horno, como se observa en la Figura 23.

Figura 23

Traslado y colocación de piedra caliza



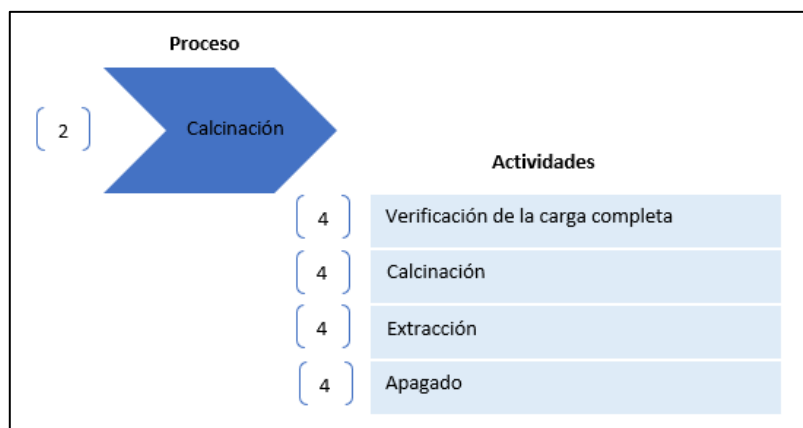
Fuente: PROCALSACOM (2025).

4.3.2.3 Calcinación

Este proceso se toma aborda desde que el horno está completamente lleno hasta que la piedra se encuentra lista para pasar al área de molienda como se observa en la Figura 24.

Figura 24

Desagregación del proceso: calcinación



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Verificación de la carga completa**

Esta actividad se la realiza en el horno, el cual es una estructura cilíndrica con un diámetro 1,80 m, y con una altura de 5,7 m, mismo que se llena desde abajo, primero con los troncos de madera en una cantidad de dos a tres troncos, y luego con los leños hasta alcanzar una altura de 1,7m luego se procede a llenar con la piedra caliza hasta completar la capacidad hasta el borde.

- **Calcinación**

Durante esta actividad la piedra caliza permanece en horno durante aproximadamente 8 horas como se observa en la Figura 25, hasta que esté completamente calcinada, la forma artesanal de determinar esto, es cuando el humo ya no sale del horno, lo que indicaría que toda la biomasa de madera se ha consumido.

Figura 25

Horno de leña



Fuente: PROCALSACOM (2025).

- **Extracción**

Una vez concluido el tiempo que debe permanecer en el horno la piedra caliza, se retira unas rejas colocadas por encima de la puerta para que la piedra calcinada se desplace hacia la puerta, luego un trabajador la retira manualmente con la utilización de una carretilla, como se observa en la Figura 26.

Figura 26

Actividad de extracción



Fuente: PROCALSACOM (2025).

- **Apagado**

Luego de ser extraída la piedra calcinada, se traslada a la zona de molienda donde se agregan 15 litros de agua directamente sobre cada carretilla, para después proceder a colocarle junto a los molinos para el proceso de molienda, como se observa en la Figura 27.

Figura 27

Actividad de apagado



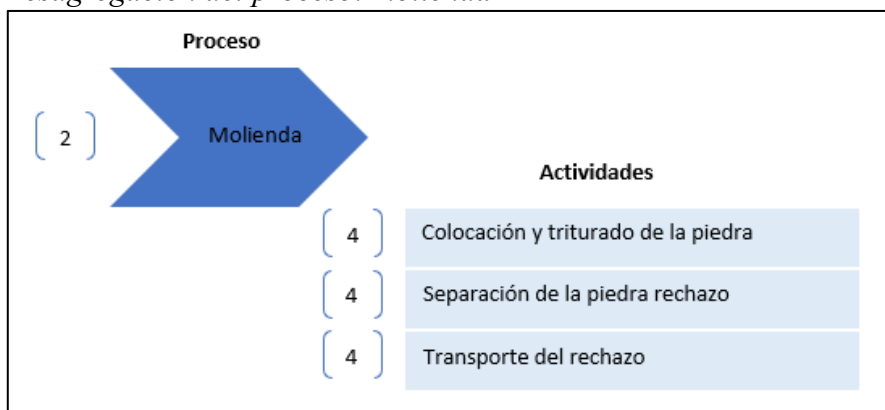
Fuente: PROCALSACOM (2025).

4.3.2.4 Molienda

Este proceso abarca desde que la piedra se encuentra alado de los molinos, hasta que el polvo de cal se encuentra dentro del sistema de almacenaje, listo para ser envasado, como se observa en la Figura 28.

Figura 28

Desagregación del proceso: molienda



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Colocación y triturado de la piedra**

Luego que la piedra calcinada reposa por alrededor de 8 horas alado de los molinos, esta se encuentra completamente apagada y se encuentra desintegrada en porciones más pequeñas, un trabajador coloca esta mezcla de polvo y trozos pequeños de piedra en el molino, mismo que es un molino de martillo conectado con una cámara donde el polvo de cal cae directamente, como se observa en la Figura 29.

Figura 29

Actividad de molienda



Fuente: PROCALSACOM (2025).

- **Separación de la piedra rechazo**

Un trabajador se encarga de separar la piedra de rechazo del polvo a ser triturado mediante la utilización de un biello, como se muestra en la Figura 30.

Figura 30

Actividad de separación de piedra de rechazo



Fuente: PROCALSACOM (2025).

- **Transporte del rechazo**

La piedra que no puede ser triturada se utiliza nuevamente en el proceso de calcinación, para la cual un trabajador lleva en carretillas la piedra nuevamente hacia el horno, como se observa en la Figura 31.

Figura 31

Transporte del rechazo



Fuente: PROCALSACOM (2025).

4.3.2.5 Envasado

El producto final se deposita en un espacio de almacenamiento conectado debajo de los molinos, por lo que un trabajador coloca el producto del depósito mediante una pala en los sacos de 25 kilos, simultáneamente va pesando para controlar el peso exacto e inmediatamente sella el saco con la cosedora de sacos, para después colocarlo junto con los demás sacos en la zona de almacenamiento, como se observa en la Figura 32.

Figura 32

Actividad de envasado



Fuente: PROCALSACOM (2025).

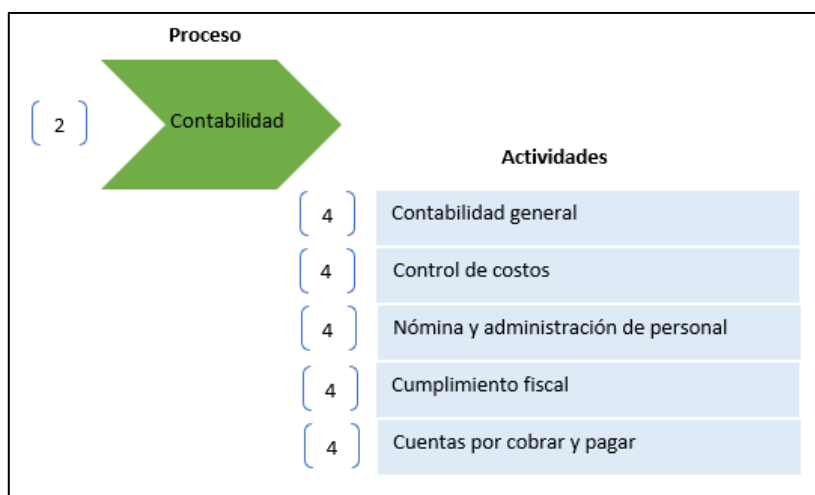
4.3.3 Procesos de apoyo

4.3.3.1 Contabilidad

Este proceso es llevado a cabo por una sola persona especializada en la materia, cuyas actividades se observan en la Figura 33.

Figura 33

Desagregación del proceso: contabilidad



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Contabilidad general**

Hace referencia a tener en cuenta todas las transacciones financieras de la empresa, cuyo fin es aumentar la eficiencia y maximizada las ganancias

- **Control de costos**

Busca establecer, analizar y puntualizar los gastos de la empresa, tener un registro de todos los rubros que ingresan y salen de la empresa

- **Nómina y administración de personal**

Esta encargada de subir los datos de toda la nómina al ministerio de trabajo se encargar de su afiliación y todo lo que esto implica.

- **Cumplimiento fiscal**

Se refiere a cumplir con todas las actividades de carácter obligatorio que tiene la empresa con el estado, así como todas las obligaciones fiscales para evitar sanciones y multas

- **Cuentas por cobrar y pagar**

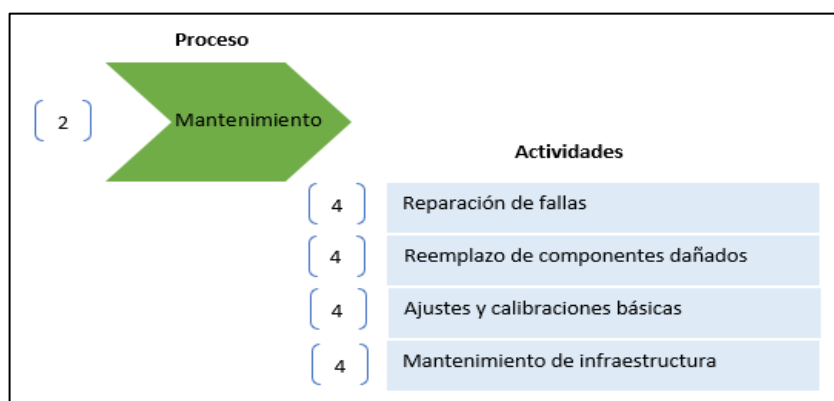
Es el área encargada de realización la facturación y el pago de servicios adquiridos por la empresa.

4.3.3.2 Mantenimiento

Este proceso es realizado por un trabajador de la empresa con conocimientos en el área de mantenimiento, realizando las actividades que se observa en la Figura 34.

Figura 34

Desagregación del proceso: mantenimiento



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Reparación de fallas**

Cuando una máquina deja de funcionar, se identifica el problema lo más rápido posible y restaurándola a su funcionamiento normal.

- **Reemplazo de componentes dañados**

Reemplazar los elementos o componentes de máquinas que se encuentren dañados o no funciones en perfecto estado.

- **Ajustes y calibraciones básicas**

Se realiza trabajos de ajustes y afinación en las distintas máquinas para que funcionen correctamente, especialmente en los molinos de martillo utilizados.

- **Mantenimiento de infraestructura**

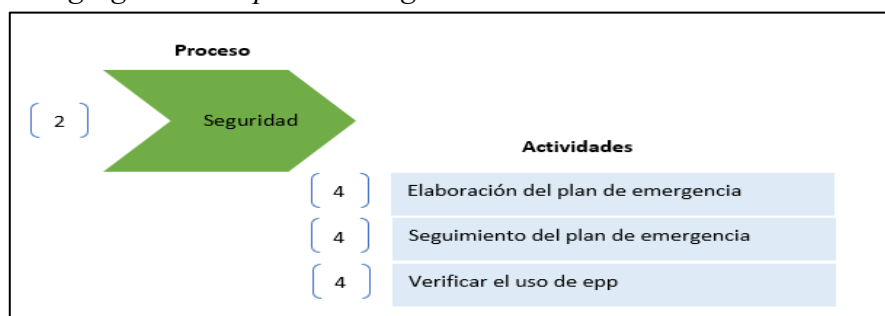
Realiza trabajos de arreglo y mantenimiento general en toda la infraestructura de la empresa como: limpieza y mantenimiento de áreas verdes, reparación de cercas, puertas y ventanas, mantenimiento de las vías de movilización.

4.3.3.3 Seguridad

Este proceso es realizado por un trabajador de la empresa, al ser una empresa pequeña esta persona no necesita tener un título de tercer nivel en seguridad industrial, sino ser una persona con conocimientos en gestión de riesgos y seguridad, cuyas actividades a realizar se observan en la Figura 35.

Figura 35

Desagregación del proceso: seguridad



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Elaboración del plan de emergencia**

Esta persona está encargada de realizar el plan de emergencia de la empresa, el mismo que contiene: un análisis de todos los riesgos a los que está sometido la empresa, se propone medidas de prevención y se establece protocolos y rutas de acción frente a los mismos.

- **Seguimiento del plan de emergencia**

El plan de emergencia contiene actividades de carácter obligatorio que son revisadas por la gestión de riesgos del municipio de Riobamba para la aprobación del plan de año siguiente, estas actividades incluyen simulacros de eventos con cierto grado de probabilidad de ocurrencia además de realizar actividades de mitigación de los mismos.

- **Verificar el uso del equipo de protección personal (EPP)**

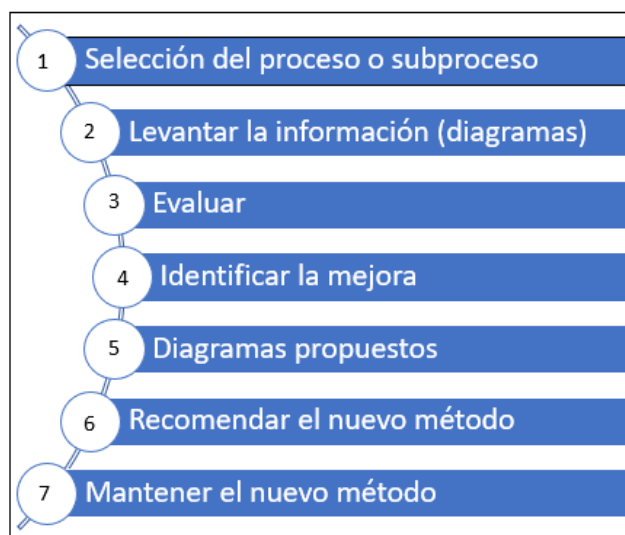
El responsable de seguridad está encargado de verificar que todo el personal use los equipos de protección personal necesarias en cada etapa del proceso de producción.

4.4 Etapa de métodos

Para realizar la etapa de métodos se optó por seguir el procedimiento que se observa en la Figura 36.

Figura 36

Procedimiento de la etapa de métodos



Nota. Adaptado de *Elementos de Administración Industrial, Herramientas y Aplicaciones* (pp. 1-216), por Burgos & Villacrés, 2024, Editorial Unach.

En la figura se muestra los pasos a ser tomados en cuenta para la realización del análisis del método.

4.4.1 Selección del proceso

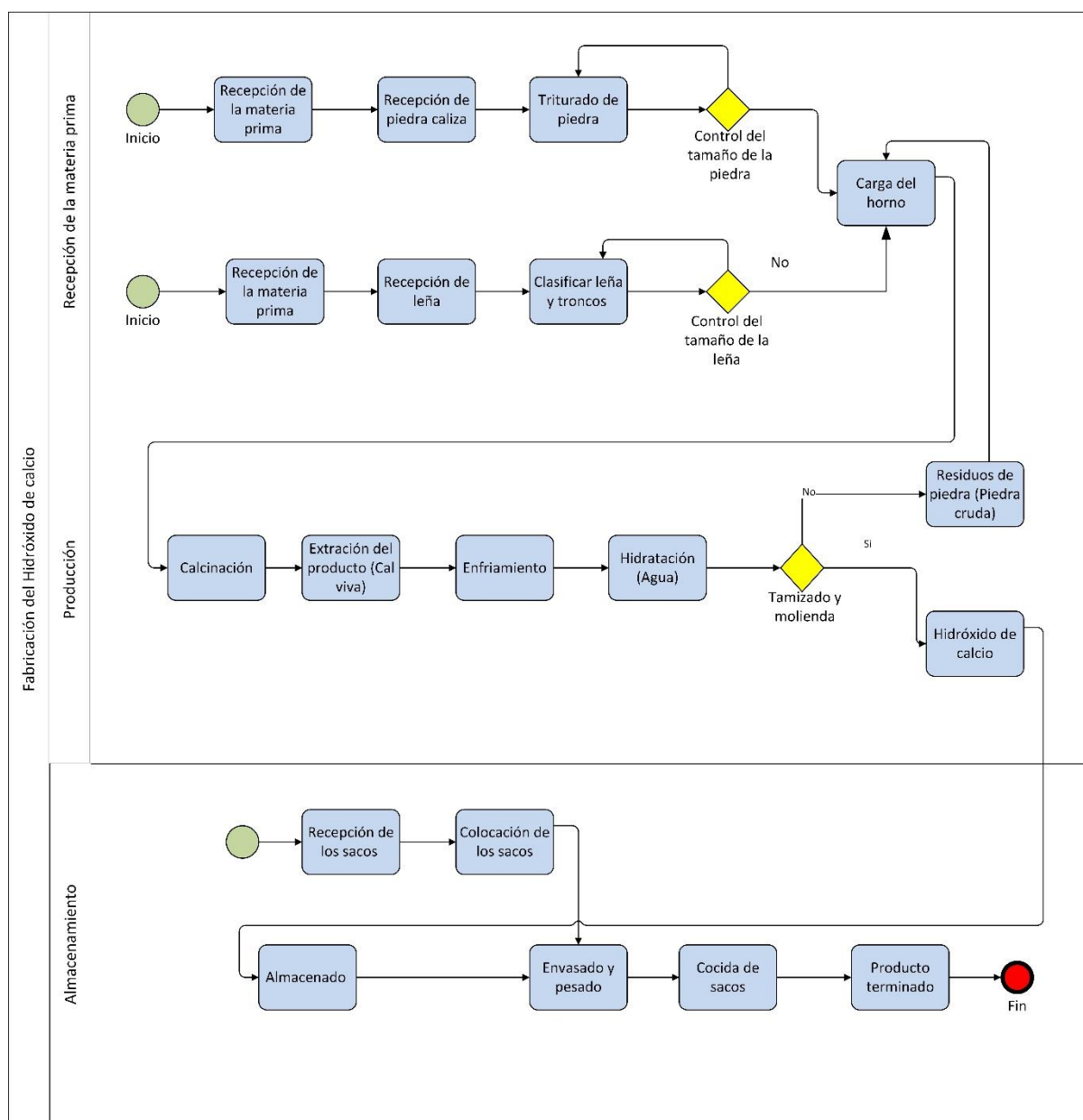
El proceso a ser analizado es el proceso central, del mapa de procesos realizado en la sección 4.1.

4.4.1.1 Diagrama de flujo del proceso completo

El proceso a ser analizado es el proceso de producción del hidróxido de calcio, o bien el proceso central de nuestro mapa de proceso, por lo que se consideró primero establecer de manera general el diagrama de flujo del proceso, para comprender de manera global la secuencia de actividades que se realizan como se observa en la Figura 37.

Figura 37

Diagrama de flujo del proceso de producción de cal



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

4.4.2 Levantar información

Para establecer la situación actual del proceso productivo de la empresa, es necesario realizar el diagrama de procesos que comprenden el proceso central de nuestro mapa de procesos, estos procesos a ser analizados son: recepción de materia prima, traslado y colocación, calcinación, molienda y envasado.

4.4.2.1 Diagrama analítico de proceso

• Layout de la empresa

Para analizar el recorrido del proceso productivo de la empresa es necesario tener las medias reales de la misma, para ello se levantó información en situó y con ayuda del plano de la empresa se establecieron las medidas globales y se generó el layout de la misma como se observa en el Anexo 1.

• Diagrama de recorrido

En base a la información obtenida en el diagrama de flujo del proceso productivo de la empresa, se procedió a establecer las medidas dentro de la empresa, considerando el recorrido que hacían los trabajadores y la maquinaria, desde la etapa inicial de recepción de la materia prima hasta la etapa final del ensacado y envasado de la piedra caliza, con lo cual se generó el diagrama de recorrido, como se observa en el Anexo 2.

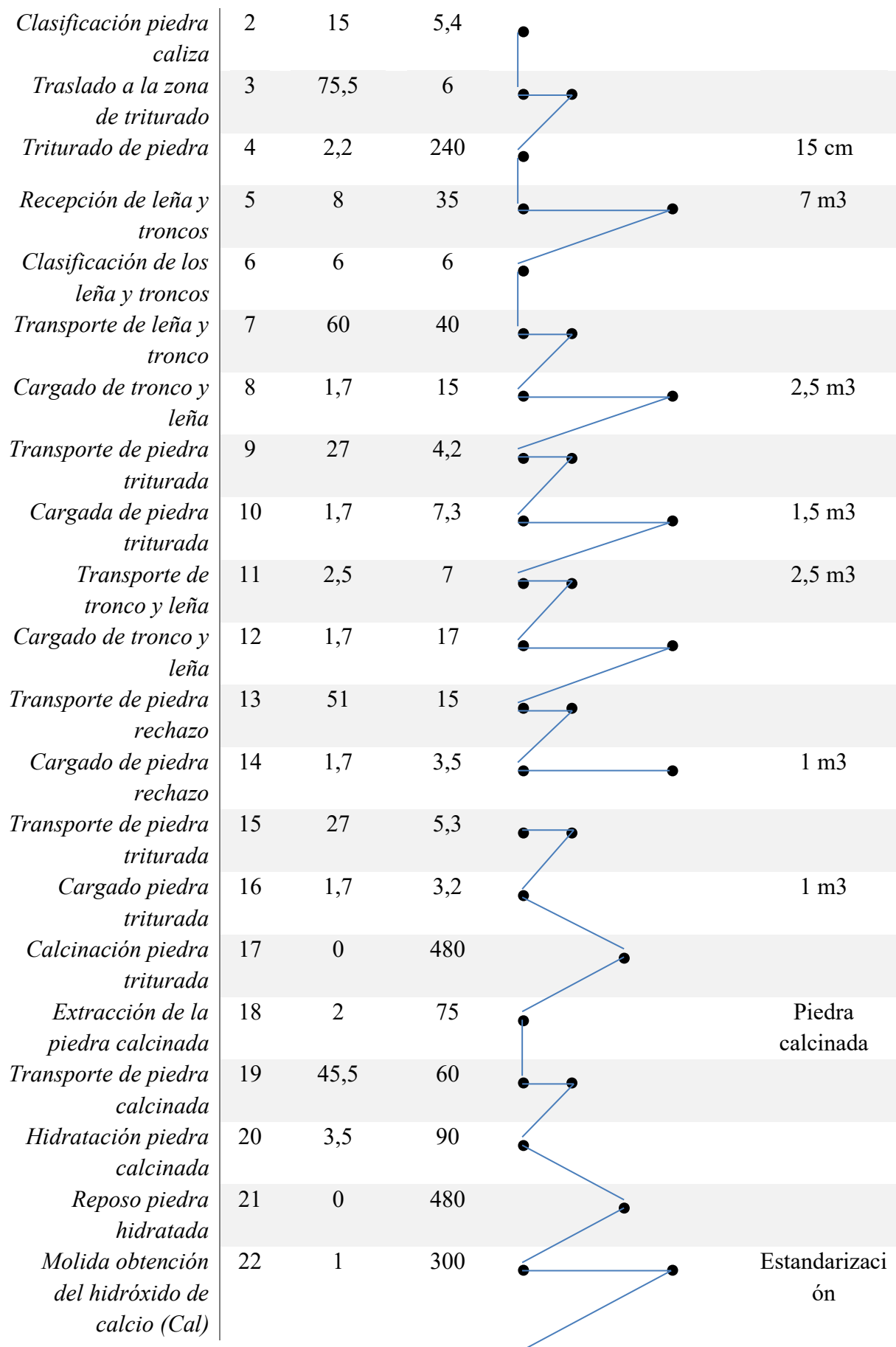
• Diagrama analítico del proceso

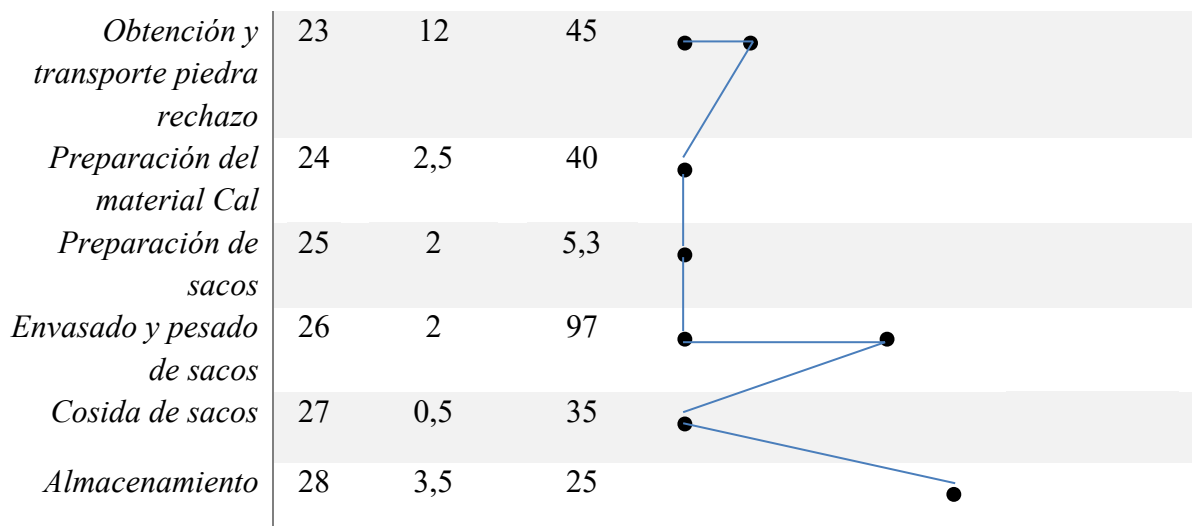
En este diagrama se presenta de forma detallada, las actividades realizadas en el proceso, junto con los tiempos y distancias que se ejecuta como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4

Diagrama analítico del proceso

		DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL (ACTUAL)			
Número de hojas 2	Objetos: Proceso de fabricación del Hidróxido de calcio	Resumen			
		Actividad	Actual	Propuesta	Economía
Actividades: Todas las actividades del proceso		Operación 	25		
		Transporte 	8		
		Espera 	2		
		Inspección 	8		
		Almacenamiento 	1		
Lugar:		Distancia (m)	370,7		
Operario:		Tiempo (min)	2148,7		
Actividades		Total de actividades	44		
Descripción		Nº	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos
Recepción de materia prima					    
		1	13,5	6,5	
					Observaciones
					8 m3





Fuente: Elaborado por Erik Santillán

4.4.2.2 Diagrama bimanual

- **Diagrama bimanual etapa de molienda**

En base a la información obtenida se establece necesario realizar el diagrama bimanual en el proceso de molienda, donde un trabajador de la empresa utiliza maquinaria de la misma para realizar la función designada, para ello se analizó las actividades que realizaba para cumplir su función teniendo en cuenta la mano derecha e izquierda y se los represento de manera ordenada y cronológica como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5
Diagrama bimanual

[illegible]

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Análisis**

En la tabla 5 correspondiente al diagrama bimanual del proceso de molienda de hidróxido de calcio se observa cómo el operario utiliza ambas manos durante la ejecución de las actividades. A partir del análisis realizado, se identifica que la mano izquierda y la mano derecha presentan una participación similar en cuanto al número de operaciones y transportes, lo que evidencia una distribución relativamente equilibrada del trabajo manual.

Sin embargo, el diagrama permite visualizar que gran parte de los movimientos ejecutados están relacionados con el traslado manual del material, como la recolección del hidróxido de calcio, su transporte hacia el molino y el vaciado del producto. Estos movimientos, aunque forman parte del proceso, no generan valor directo sobre el producto y representan un esfuerzo físico constante para el operario. Además, se identifican movimientos repetitivos que se realizan de manera continua durante el ciclo de trabajo, lo cual puede influir en el cansancio del trabajador y en la eficiencia del proceso. Por esta razón, el análisis del diagrama bimanual resulta fundamental para evaluar el método actual y detectar posibles oportunidades de mejora.

- Diagrama bimanual etapa de ensacado

Tabla 6

Diagrama bimanual: Ensacado

~ DIAGRAMA BIMANUAL ~									
Diagrama N°: 1 (ciclo1)	Hoja N°: 1	de 1	Disposición del lugar de trabajo						
Hidroxido De Calcio			Actual/Propuesto . - Embazado de hidroxio de calcio						
Operación: Embazado de hidroxido de calcio									
Lugar: PROCALSACOM C.L									
Operario: Angel Lozano									
Compuesto por: Erik Santillan									
Fecha: 13/Enero/2025									
Descripción de Mano Izquierda	●	➡	⬅	▼	●	➡	⬅	▼	Descripción de Mano Derecha
Toma el saco	X				X				Toma el saco
Transporta el saco al lugar de embazado		X				X			Transporta el saco al lugar de embazado
Espera			X				X		Toma la pala
Sostiene el saco				X				X	Embaza el hidroxido de calcio en el saco
Sostiene el saco				X			X		Transporta la pala con hidroxido de calcio a
Sostiene el saco				X			X		Embaza el hidroxido de calcio en el saco
Sostiene el saco				X			X		Transporta la pala al monto de hidroxido
Sostiene el saco				X			X		Sostiene el saco
Transporta el saco a la pesa		X				X		X	Transporta el saco a la pesa
Se pesa el saco	X				X				Se pesa el saco
Se retira el saco de la peza		X				X			Se retira el saco de la peza
Sostiene el saco				X					Toma la coseadora
Sostiene el saco				X					Cose el saco
Transporta al lugar de almacenaje		X				X			Transporta al lugar de almacenaje
RESUMEN									
METODO	Actual		propuesto		economia		OBSERVACIONES		
	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Mediante el analisis bimanual determinamos el grado de funcion de cada mano donde la mano izquierda se dedica en mayor grado a sostener en la mano derecha se realiza mas trabajos de operación.		
Operaciones	2	7							
Transportes	4	6							
Espera	1	0							
Sostenimiento	7	1							
Inspecciones	0	0							
Totales	14	14							

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- Análisis**

En la tabla 6 correspondiente al proceso de embazado de hidróxido de calcio se evidencia un uso desigual de ambas manos durante la ejecución de las actividades. Del análisis se observa que la mano izquierda se destina principalmente a sostener el saco, mientras que la mano derecha realiza la mayoría de las acciones operativas, como el llenado del material y la manipulación de la pala.

Esta distribución de tareas genera un desequilibrio en la carga de trabajo, ya que la mano derecha concentra la mayor cantidad de movimientos y esfuerzo, mientras que la mano izquierda permanece gran parte del tiempo en actividades estáticas. Asimismo, el diagrama permite identificar momentos en los que no existe una coordinación efectiva entre ambas manos, lo que da lugar a pequeñas pausas y movimientos innecesarios que incrementan el tiempo del ciclo. Estas condiciones justifican la aplicación del estudio de movimientos, ya que

el análisis bimanual permite identificar deficiencias en el método de trabajo y sustenta la necesidad de una mejor organización de las actividades.

4.4.2.3 Diagrama SIPOC

En base a la información recolectada se elaboró el diagrama SIPOC del proceso productivo de la empresa, como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7

Diagrama SIPOC

Proveedores	Entradas	Proceso Principal	Salidas	Clientes
Proveedor de piedra caliza	Piedra caliza	1. Recepción de materia prima 2. Triturado de piedra 3. Control del tamaño de la piedra	Piedra triturada	Área de producción
Proveedor de leña	Biomasa de madera	1. Recepción de leña 2. Clasificación 3. Control del tamaño de leña	Leña lista para ser trasladada a los hornos	Área de producción
Proveedor de agua	Agua	Hidratación de cal	Hidróxido de calcio	Área de molienda
Personal operativo	Trabajadores	1. Carga del horno 2. Calcinación 3. Extracción del producto 4. Enfriamiento	Cal viva enfriada	Área de producción
Proveedor de sacos	Sacos	1. Recepción de sacos 2. Colocación y llenado 3. Cocido y pesado 4. Almacenamiento	Sacos llenos de cal	Cliente final
Equipos	Equipos de la empresa	1. Tamizado y molienda 2. Eliminación de residuos	Hidróxido de calcio	Cliente final
Sistemas de control de calidad	Parámetros de control	Verificación del tamaño de piedra, leña y calidad de producto final	Asegurar la calidad del producto	Área de producción / clientes

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

• Análisis

El diagrama SIPOC permitió identificar a todos los elementos claves del proceso productivo del hidróxido de calcio, se identificó tanto a proveedores como clientes como las relaciones que se cumplen entre ellos, el proceso se desarrolla de forma secuencial y lineal, donde se puede establecer que una parte sensible del proceso es la etapa de molienda, la cual puede ser intervenida para mejorar la calidad del producto y los tiempos de producción.

4.4.3 Evaluar

4.4.3.1 Método de los 5 ¿Por qué?

Para evaluar las distintas actividades del proceso central, se optó por utilizar la metodología de los ¿Por qué?, misma que nos permite indagar en las causas del problema,

preguntando el ¿por qué? de cada respuesta, esto nos facilita conocer las fallas del sistema, eliminar los defectos, mejorar la calidad y mejorar la eficiencia.

- **Recepción de materia prima**

Se fundamentó en la situación observada: varias veces ha existido retraso en la entrega de materia prima.

- ¿Por qué existen retraso en la entrega de materia prima?
Porque los distribuidores de piedra de cal se demoran o no llegan en el día necesario.
- ¿Por qué los distribuidores no llegan a tiempo?
Porque en ocasiones no se acordó claramente las entregas.
- ¿Por qué no se acordó claramente las entregas?
Porque no hay una sola persona encargada de la logística de entregas
- ¿Por qué no hay una sola persona encargada de la logística de entregas?
Porque no se han asignado funciones específicas a todos los trabajadores de la empresa
- ¿Por qué no se han asignado funciones específicas a los trabajadores de la empresa?
Porque no se invierte en capacitaciones de personal ni se busca mejorar la organización de la empresa.

En base a las preguntas realizadas se observa que la empresa invierte gran parte del capital hacia la producción inmediata, descuidando la inversión en mejorar la organización estructural de la misma, se ve una falta de mejora del capital humano y la formación de una estructura organizada sólida dentro de la empresa.

- **Traslado y colocación**

Se fundamenta en la situación observada: se realiza varios viajes para llevar desde el área de descargar hacia la parte de los hornos.

- ¿Por qué se realiza varios viajes para llevar desde el área de descarga hacia la parte de los hornos?
Porque se utiliza un minitractor y la capacidad no permite una sola carga.
- ¿Por qué se utiliza un minitractor que no permite una sola carga?
Por la distribución de la planta de producción, que no posee caminos amplios para que circule un tractor de mayor capacidad.
- ¿Por qué la planta de producción no posee caminos más amplios?
Porque inicialmente al ser construida la empresa no se consideró la necesidad de tener espacios amplios para maquinaria.
- ¿Por qué no se consideró la necesidad de tener espacios más amplios?
Porque la empresa fue construida para la demanda y las exigencias del mercado de hace más de 20 años.

En base a las preguntas realizadas, se observa que la empresa presenta muchas dificultades para un cambio estructural puesto que: las edificaciones e infraestructura fueron adecuadas para la época inicial, que son de antes de los años 2000, y un cambio requeriría una gran inversión y tiempo de planificación, que en este momento no se dispone en la empresa.

- **Calcinación**

Se fundamenta en la situación observada: en varios ciclos de producción se aprecia la presencia de mucha cantidad de piedra rechazo.

- ¿Por qué se aprecia la presencia de mucha piedra rechazo?

Porque la piedra permanece más tiempo del necesario en el horno, en la etapa de calcinación.

– ¿Por qué la piedra permanece más tiempo del necesario en el horno?

Porque utilizan un sistema basado en la experiencia, en el cual se fijan solo en la salida de humo del horno, siendo una ausencia de este el indicador que la calcinación está completa

– ¿Por qué se fijan solo en la salida de humo?

Porque no se ha establecido cantidades fijas de material, siendo estos: piedra caliza y biomasa de madera, el cual se ingresa en el horno con medida referenciales, más no cantidades fijas.

– ¿Por qué se fijan solo en medidas referenciales?

Porque es una técnica que les permite tener un constante flujo de piedra calcinada sin tener muchos controles ni revisiones.

– ¿Por qué se necesita tener un flujo constante de piedra calcinada, sin tener que realizar muchas revisiones ni procedimientos?

Porque estandarizar los procesos, requeriría de una inversión en capacitaciones a todo el personal, además de buscar personal capacitado que realice la actividad.

En base a las preguntas realizadas se observa que la empresa tiene una gran dependencia por métodos empíricos, que, si bien funcionan, no son los más óptimos puesto existe la presencia de muchos fallos en el proceso de calcinación; se observa una falta de estandarización y falta de capacitación a los trabajadores en las distintas actividades que realizan.

• **Molienda**

Se fundamenta en la situación observada: existe gran cantidad de desperdicio de material, debido a que parte del polvo de cal se queda suspendido en el aire.

– ¿Por qué se observa que parte de la cal molida queda suspendida en el aire?

Porque no se tiene un sistema adecuado de control de polvo en el proceso de molienda.

– ¿Por qué no se tiene un sistema adecuado de control de polvo?

Porque el molino no posee el aditamento que permite controlar el polvo y el desperdicio cuando está funcionando.

– ¿Por qué el molino no posee el aditamento necesario para control de polvo?

Porque es maquinaria antigua en comparación con la tecnología de ahora y no cuenta con el aditamento.

– ¿Por qué la empresa utiliza maquinaria antigua?

Porque se ha optado en mantener el equipo por limitaciones del presupuesto de la empresa.

En base a las preguntas realizadas se observa que la empresa tiene desperdicio de material y producción de contaminación debido a que los molinos no cuentan con un recolector de partículas, se observa una falta de inversión en maquinaria idónea para el proceso.

• **Envasado**

Se fundamenta en la situación observada: solo existe un operario en la parte en envasado, el mismo que se encarga de poner la cal en el saco, comprobar que la cantidad sea la indicada mediante una balanza y trasladar al área de almacenamiento que se encuentra a pocos metros.

– ¿Por qué el proceso de envasado toma mucho tiempo?

Porque solo existe un operario que realice todo el trabajo.

– ¿Por qué solo existe un operario realizando el proceso?

Porque la empresa no ha considerado el impacto en la eficiencia al asignar un segundo trabajador

– ¿Por qué la empresa no ha considerado el asignar un segundo trabajador al área de envasado?

Porque no se ha realizado nunca un análisis de eficiencia ni productiva en la empresa.

– ¿Por qué no se ha realizado un análisis de eficiencia y productividad?

Porque se dan más importancia a las operaciones básicas y se deja a un lado la parte operativa de la empresa.

En base a las preguntas realizadas se observa que existe una sobrecarga de trabajo al único trabajador del área de envasado, esto como resultado de la inexistencia de un análisis de productividad y eficiencia en el proceso, así como una correcta planificación de actividades a ser realizadas.

4.4.3.2 Método de las 5M

Para complementar el análisis del proceso productivo se optó por utilizar la metodología de las 5m en el proceso productivo, siendo esta metodología: método, maquinaria, material, mano de obra, medio ambiente, con esto se busca establecer claramente las actividades dentro del proceso productivo que necesitan una mejora.

• Recepción de materia prima

1. Método

Se observa que el método empleado presenta falencias, principalmente en la coordinación, no siempre existe una correcta planificación en la programación de entregas, no existe un sistema bien estructurado.

2. Maquinaria

El contacto con el proveedor, así como el seguimiento del pedido se hace sin la utilización de ninguna herramienta digital ni sistemas logísticos.

3. Materiales

El retraso en las entregas de materia prima no afecta la calidad de los materiales empleados, ni presenta una disminución de la calidad del producto terminado.

4. Mano de obra

No existe una clara organización de roles dentro de la empresa, se observa que no existe sola persona a cargo de la logística en el pedido y recepción de materia prima, la falta de inversión en la parte organizativa ha ocasionado varios retrasos de pedidos en el transcurso del año 2025.

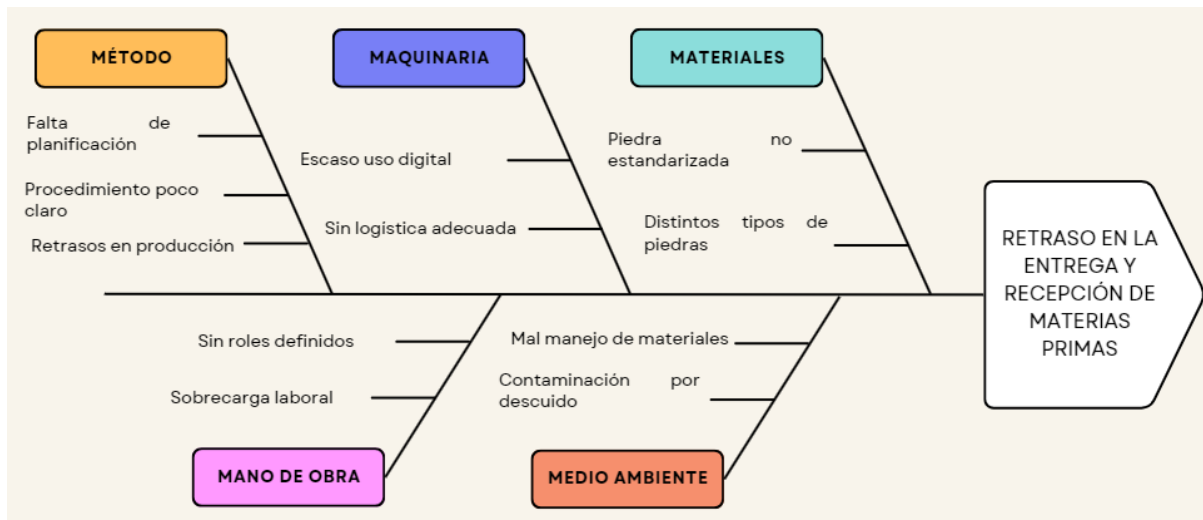
5. Medio ambiente

Cuando existen retrasos en la entrega de materias primas, la necesidad de recuperar el tiempo puede ocasionar un mal manejo de los materiales, lo que provoca alteraciones al medio ambiente dentro de la empresa.

El resumen del análisis de este proceso se lo puede observar en la Figura 38.

Figura 38

Diagrama de Ishikawa del proceso: Recepción de materia prima



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Traslado y colocación**

- 1. Método**

El método actual consiste en trasladar mediante un minitractor de carga frontal la materia prima hacia las zonas de descarga, lo cual presenta limitaciones especialmente en las vías de circulación al ser angostas solo permite el paso de un mini tractor y por ende se debe realizar varios viajes para completar la carga necesaria.

- 2. Maquinaria**

Se utiliza un minitractor con carga frontal, lo que ocasiona que se necesite realizar varios viajes para cumplir con la cuota de materia prima en las distintas fases, lo que reduce la eficiencia debido a los tiempos necesarios entre cada viaje.

- 3. Materiales**

Se traslada los leños y troncos hacia los hornos, después se traslada la piedra molida de la zona de descarga hacia la zona de los hornos, los varios viajes no afectan la calidad de los materiales, pero influyen en los tiempos de producción de cal.

- 4. Mano de obra**

Los viajes afectan directamente al personal que deben colocar las piedras y biomasa de madera que queda cerca de los hornos, hacia los hornos, los trabajadores deben estar empujando la biomasa de madera con cada viaje que deposita el minitractor.

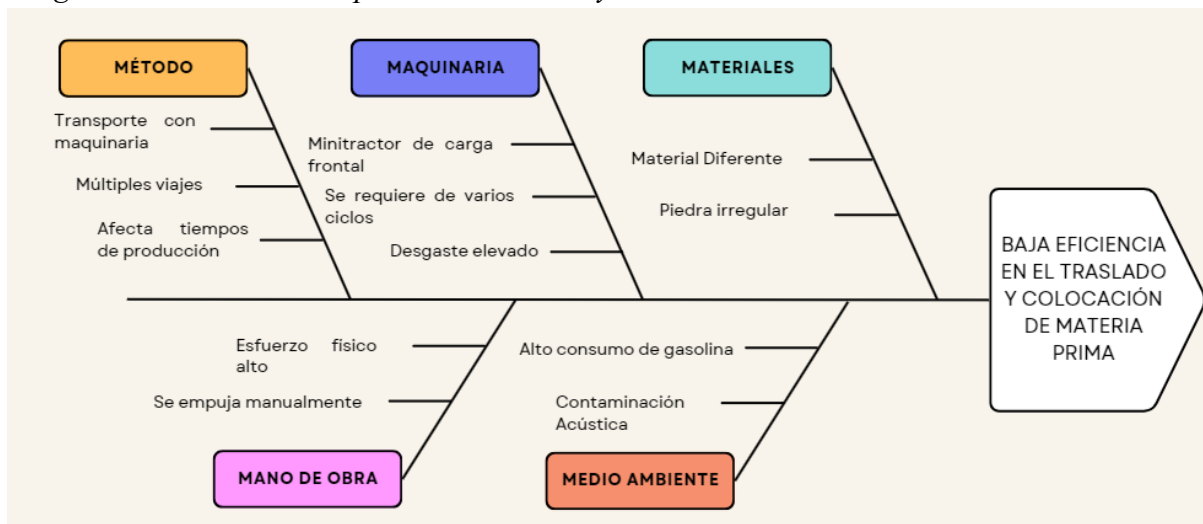
- 5. Medio ambiente**

Los espacios reducidos provocan que el minitractor deba realizar varios viajes, lo que implica más consumo de gasolina, más expulsión de CO_2 al ambiente por parte del minitractor, ocasiona más ruido en el medio ambiente de la empresa.

El resumen del análisis de este proceso se lo puede observar en la figura 39.

Figura 39

Diagrama de Ishikawa del proceso: Traslado y colocación



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Calcinación**

- 1. Método**

El método utilizado es solo empírico, consiste en observar el humo que sale del horno cuando este desaparece significa que la piedra se encuentra calcinada, esto ha ocasionado que en varias cargadas del horno exista piedra que no se ha calcinado correctamente y esta pasa a ser piedra de rechazo.

- 2. Maquinaria**

El horno es de tipo artesanal sin ningún tipo de control automático ni sensores, por lo que no se puede seguir en tiempo real el proceso de calcinación y no se puede corregir el proceso en caso de existir alguna falla.

- 3. Materiales**

Los materiales pierden calidad en caso de sobrepasar el tiempo de calcinación, o a su vez, cuando se tiene un tiempo de calcinación deficiente, esto ocasiona una pérdida de calidad en el producto final, y provoca retrasos en los pedidos cuando toca repetir el cargado del horno.

- 4. Mano de obra**

Al ser turnos rotativos no existe un encargado fijo del proceso y depende únicamente del trabajador que esté a cargo del horno en ese momento, además de guiarse solo por la salida de humo del horno.

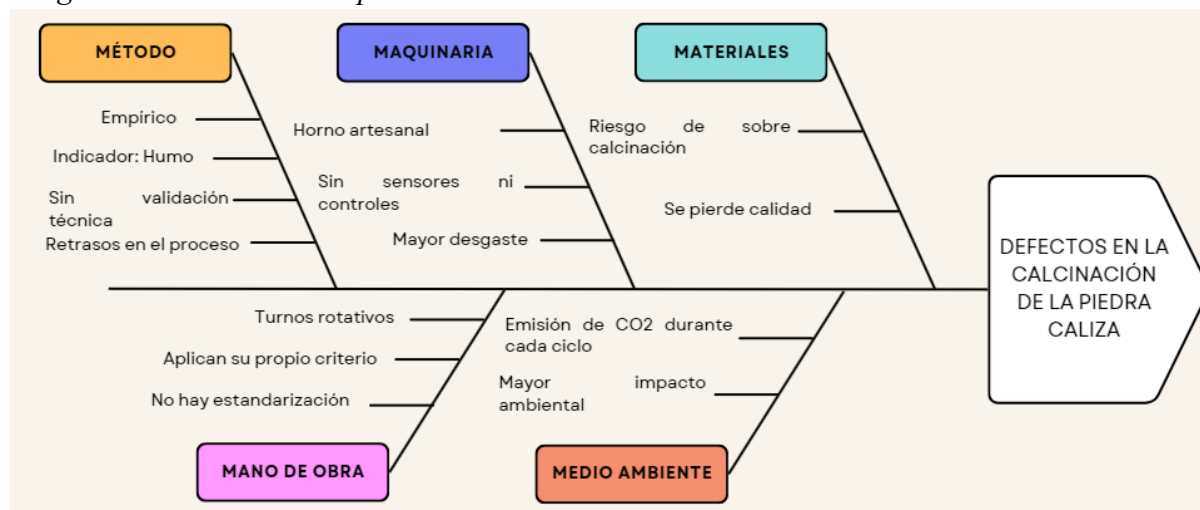
- 5. Medio ambiente**

En esta etapa se producen cantidades de CO_2 que se expulsan al ambiente, cada ciclo dura aproximadamente 8 horas, por lo que cuando se producen fallas, ese tiempo se duplica, dado que no se resulta factible trabajar con el horno a menos de su capacidad total.

El resumen del análisis de este proceso se lo puede observar en la figura 40.

Figura 40

Diagrama de Ishikawa del proceso: Calcinación



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Molienda**

- 1. Método**

El proceso se desarrolla en molinos de martillo de mediana capacidad de molienda, los trabadores colocan periódicamente las piedras de caliza calcinada en la tolva de alimentación, periódicamente hasta acabar toda la cantidad de piedra, este proceso lo realiza un solo trabajador y le toma alrededor de 6 horas el proceso completo.

- 2. Maquinaria**

Actualmente están trabajando con varios molinos pulverizadores de martillo, los mismos que tienen una capacidad de molienda de 300 kg de piedra caliza por hora con un motor de 10 Hp, lo que corresponde molinos de mediana capacidad de molienda en comparación con otros modelos del mercado, no poseen captadores de polvo por lo que se producen gran cantidad de perdida de polvo de caliza en el aire.

- 3. Materiales**

La piedra caliza es la materia prima en este proceso y la cal es el producto terminado, debido a la potencia del motor no toda la piedra es capaz de ser molida por lo que un trabajo debe estar siempre en el molino supervisando el proceso, y esta piedra nuevamente regresa como piedra de rechazo al proceso principal.

- 4. Mano de obra**

Un solo trabajador se queda en el molino lo que dura el proceso de molienda, el es el encargado de poner la piedra en la tolva de alimentación y separar la piedra que no se pudo moler en el molino.

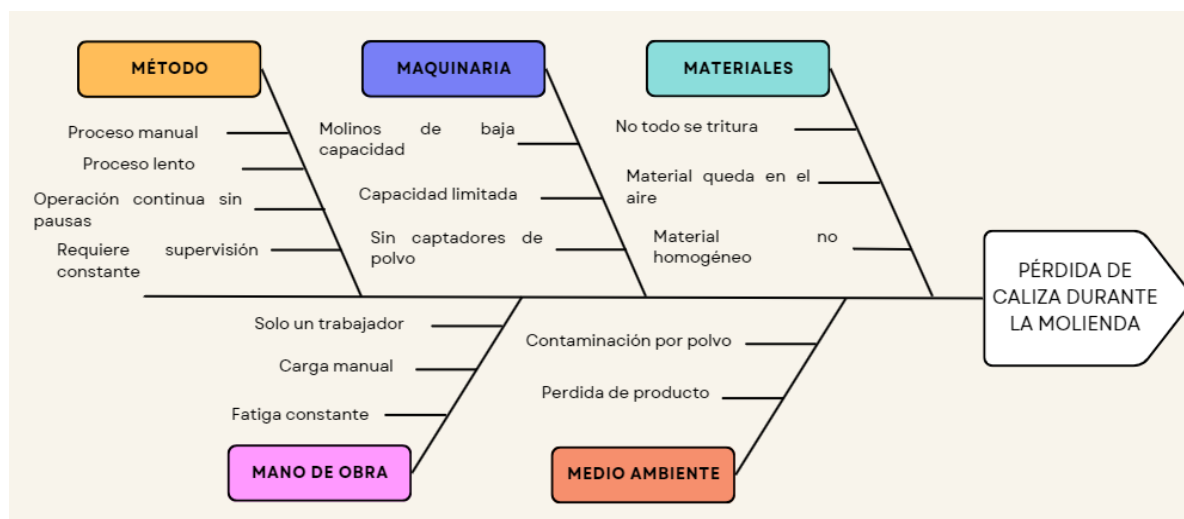
- 5. Medio ambiente**

El molino al no tener captador de polvo, ocasiona que durante el proceso de molienda grandes cantidades de cal se esparzan en el ambiente y se distribuyan por la planta de producción, lo que contamina el ambiente de trabajo, y provoca que no toda la piedra pasa a la siguiente etapa del proceso.

El resumen del análisis de este proceso se lo puede observar en la figura 41.

Figura 41

Diagrama de Ishikawa del proceso: Molienda



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

- **Envasado**

- 1. Método**

Se realiza manualmente por un solo trabajador, el mismo que se encarga colocar la cal en cada saco para luego pesarlo y posteriormente cocerlo, para llevarlo a la zona de almacenamiento, este proceso se realiza individualmente hasta acabar con el pedido solicitado.

- 2. Maquinaria**

Se utiliza una balanza digital y una cosedora manual para sacos, donde los errores de pesaje o sellado de los sacos depende únicamente del trabajador en turno.

- 3. Materiales**

Se utiliza sacos de polietileno de capacidad de 25 kilogramos, en cuanto a el producto terminado es el polvo de piedra caliza (cal), en esta etapa casi no existen pérdidas ni fallos por parte del trabajador, las pocas pérdidas que existen se detallan en mano de obra.

- 4. Mano de obra**

El procedimiento es desarrollado por el trabajador en turno, los fallos observados se deben debido al cansancio propio de la actividad, algunos sacos se desploman antes de ser cocidos por lo que el material se riega en el piso y se debe volver a ensacarlo lo que ocasiona pequeños desfases en el tiempo total de ensacado.

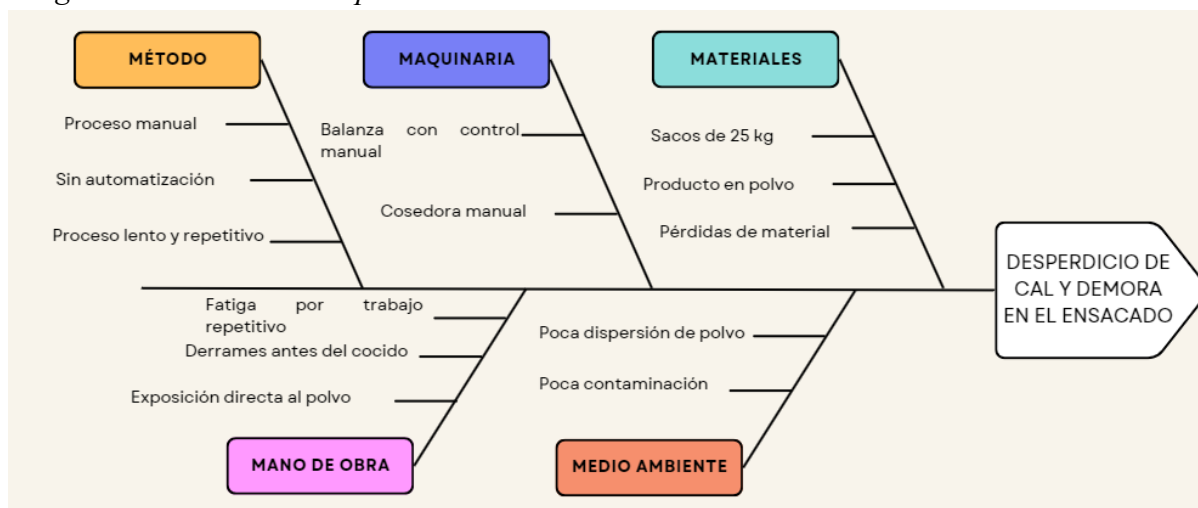
- 5. Medio ambiente**

En esta etapa no existen mayores afectaciones al medio ambiente, se coloca los sacos cerca de la entrada de la zona de almacenaje donde se encuentra la piedra caliza molida y se procede a ensacar ahí mismo, por lo que la mayoría de polvo de cal que se levanta al recogerlo con la pala se queda en el mismo espacio.

El resumen del análisis de este proceso se lo puede observar en la Figura 42.

Figura 42

Diagrama de Ishikawa del proceso: Envasado



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

4.4.3.3 Procedimiento operativo del proceso de producción

A partir del análisis inicial, el mapa de procesos y la revisión de las actividades de la planta, se identificó con claridad cómo funciona la producción y cómo se relacionan sus subprocesos. Luego, en la etapa de métodos, se definió el proceso crítico, se obtuvo información mediante observación y entrevistas, con base en esto, se elaboró un procedimiento operativo estándar para documentar de forma estructurada las etapas del proceso y facilitar su evaluación.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: POE_PCAL:01
	Procedimiento Operativo Estándar del Proceso Productivo de Cal		Versión: 01
			Página 1 de 7
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

1. Objetivo

Establecer de manera clara y ordenada cómo se realiza el proceso de producción de cal en la planta, de forma que cualquier persona pueda entender las actividades principales, los responsables y la secuencia general del trabajo. Este procedimiento también busca apoyar el análisis técnico realizado en la tesis y servir como base para futuras mejoras operativas.

2. Alcance

Este procedimiento aplica a todas las etapas que forman parte del proceso de producción de cal: recepción de materia prima, carga del horno, calcinación, enfriado, trituración, clasificación y envasado. Incluye además las actividades de apoyo directamente relacionadas. No contempla temas administrativos o de mantenimiento especializado.

3. Normativa de referencia

Para la elaboración de este documento se consideraron normas y lineamientos básicos relacionados con el proceso de producción, así como normas para la comercialización y procesos de análisis.

- RTE INEN 007 – Cementos, cal y yeso para la construcción
- NTE INEN 2071 – Cal viva y cal hidratada para tratamiento de aguas
- NTE INEN 248 – Cal viva para construcción
- NTE INEN 246 – Cal hidráulica hidratada para construcción
- NTE INEN 2589 – Cal viva, cal hidratada y caliza. Métodos de ensayo para el análisis físico

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: POE_PCAL:01
	Procedimiento Operativo Estándar del Proceso Productivo de Cal		Versión: 01
			Página 2 de 7
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

4. Definiciones

- **Caliza:** Roca natural con carbonato de calcio usada como materia prima.
- **Cal viva:** Producto obtenido al calentar la caliza, reacciona con humedad.
- **Cal hidratada:** Material formado cuando la cal viva reacciona con agua controladamente.
- **Calcinación:** Proceso donde la caliza se calienta hasta transformarse en cal viva.
- **Horno de cal:** Equipo donde ocurre la calcinación a altas temperaturas.
- **Envasado:** Empaque del producto final verificando peso y sellado.
- **Almacenamiento:** Área seca donde se guardan los sacos de cal.
- **Operario:** Persona encargada de ejecutar las actividades del proceso.
- **Proceso productivo:** Conjunto ordenado que transforma caliza en cal utilizable.

5. Responsabilidades

- **Gerente general:** revisar y aprobar la documentación establecida, además de supervisar la ejecución de la misma.
- **Operario/Trabajador de turno:** ejecutar las directrices e indicaciones establecidas en la documentación específica para cada actividad.

6. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo completo del proceso de producción de cal se lo puede observar en la Figura 37 de la sección 4.4.1.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: POE_PCAL:01
	Procedimiento Operativo Estándar del Proceso Productivo de Cal		Versión: 01
			Página 3 de 7
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

7. Procedimientos

Antes de la ejecución del procedimiento

Revisar el instructivo del proceso y la documentación adjunta al mismo.

Durante el proceso de: Triturado de piedra de horno

- Acomodar la piedra caliza (grande)
- Preparar el combo de mano (6kg)
- Romper la piedra con el combo (a mano)
- Revisar las piedras (tamaño 15 cm)
- Agrupar las piedras rotas (área específica)

Durante el proceso de: Carga del horno

- Transportar el tronco (con la minicargadora)
- Transportar leña (con la minicargadora)
- Acomodar los troncos con ayuda de la minicargadora y el operario en turno
- Acomodar la leña con ayuda del operario en turno
- Transportar la piedra triturada al horno (minicargadora)
- Colocar la piedra en el horno
- Repetir el proceso 1 vez mas

Durante el proceso de: Calcinación

- Revisar el nivel de carga del horno
- Esperar 4 horas

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: POE_PCAL:01
	Procedimiento Operativo Estándar del Proceso Productivo de Cal		Versión: 01
			Página 4 de 7
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

- c. Revisar el nivel de humo del horno
- d. Esperar 4 horas
- e. Revisar el estado del horno (sin presencia de humo)

Durante el proceso de: Extracción del producto

- a. Revisar la cámara inferior del horno
- b. Descargar 4 m³ de piedra calcinada (4080 kg)
- c. Preparar las carretillas para la extracción del material
- d. Cargar las carretillas con el material (120kg cada carretilla)
- e. Transportar el material al área de hidratación

Durante el proceso de: Hidratación

- a. Preparar el material calcinado (120kg)
- b. Colocar 30 litros de agua por cada 120 kg de material calcinado (2 valdes ½ de 12 litros cada uno)
- c. Colocar el material en un área amplia
- d. Realizar el proceso anterior X veces hasta completar los 4080 kg de material calcinado
- e. Esperar 8 h hasta que el material se enfríe

Durante el proceso de: Molida

- a. Preparar el material previamente hidratado
- b. Alistar los equipos de protección personal

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: POE_PCAL:01
	Procedimiento Operativo Estándar del Proceso Productivo de Cal		Versión: 01
			Página 5 de 7
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

- c. Alistar los materiales de carga (palas manuales)
- d. Revisar que le molino visualmente
- e. Revisar los interruptores del molino
- f. Encender el molino
- g. Colocar el material hidratado en la boca del molino con la pala a mano (5kg)
- h. Colocar el material sucesivamente durante un tiempo determinado
- i. Descansar de 10 a 20 minutos (operario en turno)
- j. Colocar el material hidratado en el molino hasta terminar (4080 kg)
- k. Apagar el molino bajando los interruptores
- l. Dejar los materiales de carga (pala manual)

Durante el proceso de: Pesado de sacos

- a. Preparar los sacos de 25kg
- b. Preparar el molino
- c. Preparar los equipos de carga (pala de mano)
- d. Preparar el área de carga
- e. Colocar el saco en la base de carga
- f. Rellenar el material con la pala de mano
- g. Colocar el saco en la pesa
- h. Completar los 25 kg en el saco
- i. Repetir el proceso hasta completar todo el material procesado (4000kg)

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: POE_PCAL:01
	Procedimiento Operativo Estándar del Proceso Productivo de Cal		Versión: 01
			Página 6 de 7
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

8. Información documentada asociada

- IPPC:01: Instructivo del proceso de triturado de piedra
- IPPC:02: Instructivo del proceso de carga de horno
- IPPC:03: Instructivo del proceso de calcinación
- IPPC:04: Instructivo del proceso de extracción
- IPPC:05: Instructivo del proceso de hidratación
- IPPC:06: Instructivo del proceso de molida
- IPPC:07: Instructivo del proceso de pesado de sacos
- FRC:01: Formato de control del proceso de triturado de piedra
- FRC:02: Formato de control del proceso de carga de horno
- FRC:03: Formato de control del proceso de calcinación
- FRC:04: Formato de control del proceso de extracción
- FRC:05: Formato de control del proceso de hidratación
- FRC:06: Formato de control del proceso de molida
- FRC:07: Formato de control del proceso de pesado de sacos

9. Riesgos del procedimiento

- Exposición a altas temperaturas durante la calcinación.
- Manipulación manual de cargas pesadas.
- Inhalación de polvo de cal durante la trituración y el envasado.
- Riesgo de quemaduras por manejo del horno.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: POE_PCAL:01
	Procedimiento Operativo Estándar del Proceso Productivo de Cal		Versión: 01
			Página 7 de 7
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

10. Control de cambios

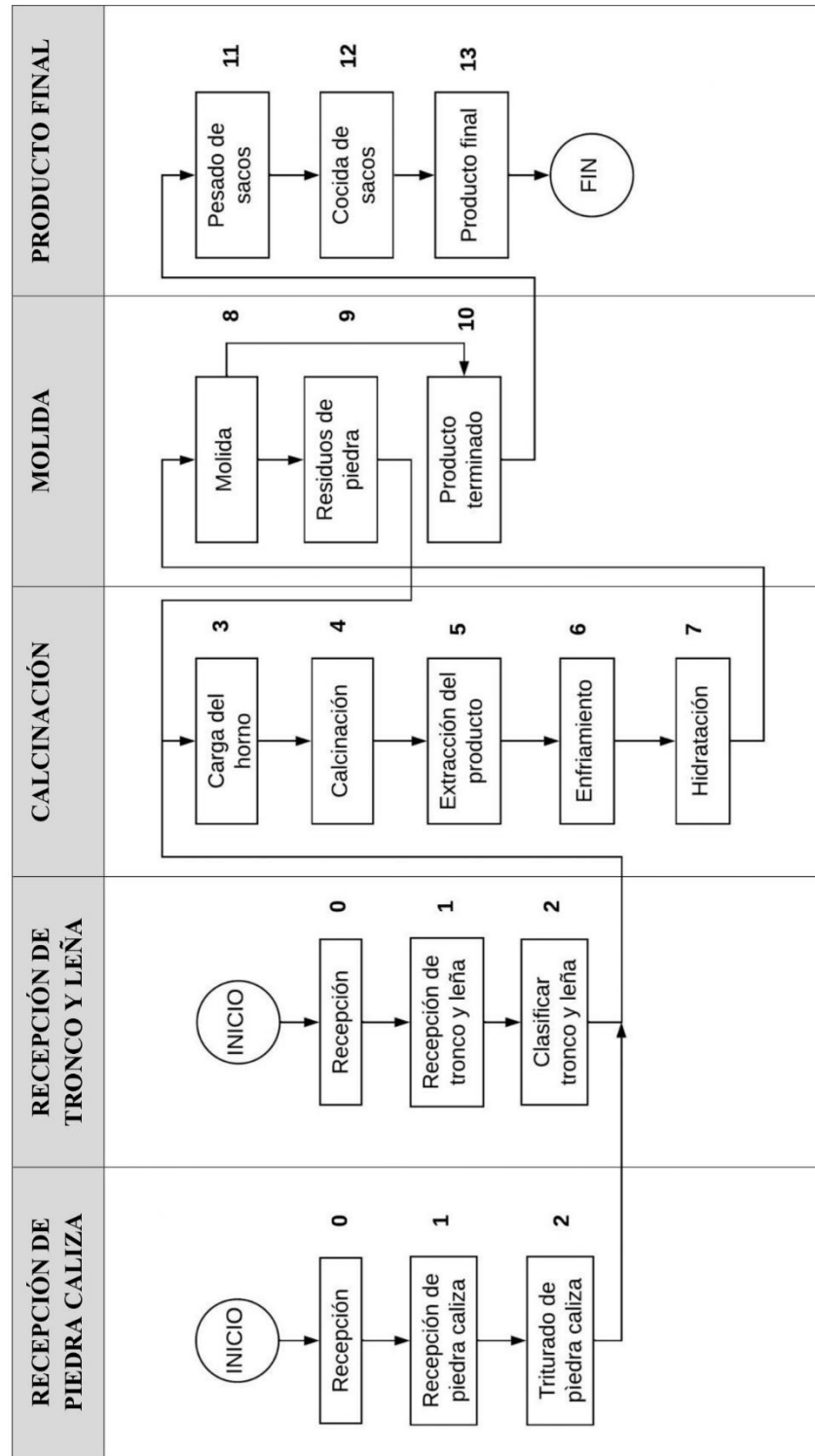
REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN	SECCIÓN AFECTADA	PÁGINAS

4.4.3.4 Matriz de priorización

Para realizar la matriz de priorización es necesario establecer las etapas del proceso en base al diagrama de flujo inicial, separando las etapas de cada proceso para poder cuantificarlas en base a parámetros de decisión, las etapas del proceso se las puede observar en la Tabla 8.

Tabla 8

Etapas del proceso



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

La matriz de priorización completa se lo puede observar en el Anexo 4, una vez analizadas cada etapa del proceso en base a los siguientes parámetros: reversibilidad, costos, calidad, seguridad, ambiente, cuello de botella, se obtuvo los resultados presentados en la Tabla 9.

Tabla 9

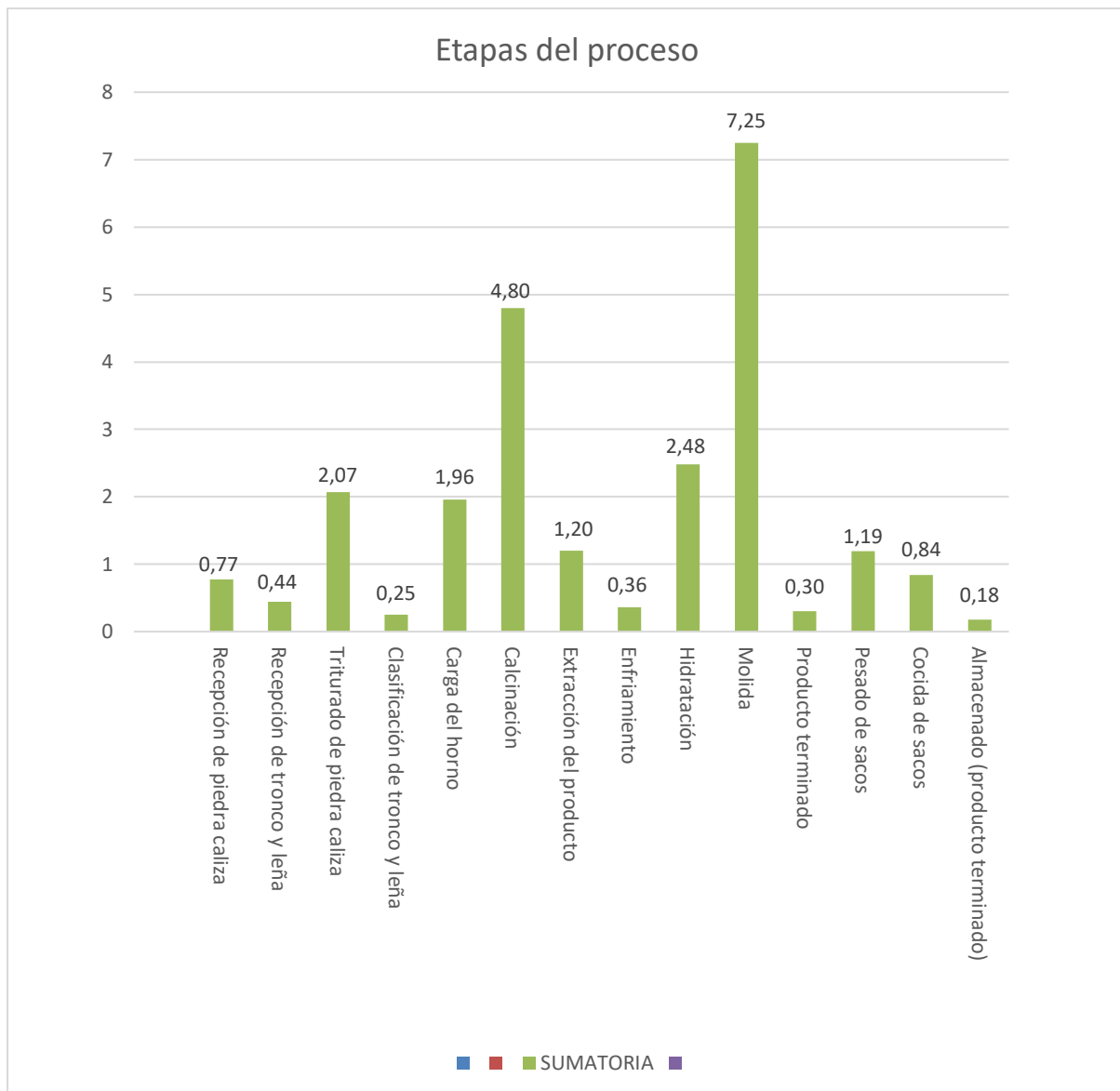
Resumen matriz de priorización

Etapas del proceso	Peso	Sumatoria
Recepción de piedra caliza	0,07	0,77
Recepción de tronco y leña	0,04	0,44
Triturado de piedra caliza	0,06	2,07
Clasificación de tronco y leña	0,02	0,25
Carga del horno	0,08	1,96
Calcinación	0,12	4,80
Extracción del producto	0,05	1,20
Enfriamiento	0,03	0,36
Hidratación	0,08	2,48
Molida	0,25	7,25
Producto terminado	0,02	0,30
Pesado de sacos	0,07	1,19
Cocida de sacos	0,07	0,84
Almacenado (producto terminado)	0,02	0,18

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

En base a las ponderaciones establecidas se obtuvo una sumatoria alta en las actividades: calcinación y molida, con una sumatoria media se obtuvo triturado de piedra, carga del horno, extracción del producto, hidratación, pesado de sacos, en base al nivel de importancia de la sumatoria se procederá a elaborar los distintos instructivos que nos permitirán documentar los procesos con más importancia.

En el diagrama de barras se observa dos valores muy predominantes a los demás, estos sirvieron como referencia para tomarlos como valores altos lo que están más próximos como valores bajos, como se observa en la Figura 43.



Análisis e interpretación

Al analizar los procesos de la línea de producción de cal, se han identificado los principales problemas, los cuales están enmarcados en ineficiencias operativas y relacionados con la infraestructura y maquinaria de la planta de producción.

1.En la recepción de materia prima, se observa que los retrasos en la entrega de la materia prima provocan retrasos en el proceso de producción de cal, todo esto ocasionado por la falta de coordinación y logística, análisis obtenido por método de las 5M.

2.En la etapa de traslado y colocación se evidencia que la falta de organización conjuntamente con las vías angostas, ocasiona que al tener la materia prima alejada de los hornos se tenga que realizar varios viajes para el llenado de los mismos, análisis obtenido por método de las 5M.

3.En la etapa de calcinación, se observa que el proceso depende únicamente del trabajador en turno, y del método empírico del mismo para determinar los tiempos de calcinación, análisis obtenido por método de la matriz de priorización.

4. En la etapa de molienda, se observa que la capacidad del molino produce tiempos altos en este proceso, además con la ausencia de un captador de polvo se pierde producto como polvo suspendido en el aire por toda la planta, análisis obtenido por método de la matriz de priorización.

5. En la etapa de envasado, se observa que todo el trabajo es realizado por un solo trabajador lo que provoca retraso en los tiempos de ejecución, además de derrames accidentales del producto, análisis obtenido por método de las 5M.

4.4.4 Identificar la mejora

En base a los análisis realizados se determinó dos mejores prioritarias en las dos etapas del proceso de producción en función de: relevancia de la actividad, inversión y tiempo de ejecución.

4.4.4.1 Etapa de molienda

En esta etapa se observa que existe un conflicto con la producción actual debido a que los molinos de la empresa tienen más de 20 años en la misma y fueron instalados en base a la demanda de ese tiempo, por lo que se debe adquirir un molino de otras características que mejore las condiciones de molienda, y mejore las condiciones ambientales de la planta de producción, considerando que actualmente se produce mucha contaminación al ambiente, el cual se deposita sobre todas las superficies aleñadas a los molinos.

En base a la producción actual de 200 sacos de cal, lo que corresponde a una cantidad de 5000 kg de cal por cada cargada del horno, se ha considerado un molino pulverizador de más capacidad, como es el modelo DP IP-32 BC de la Marca DP Pulveriser, como se observa en la Figura 44.

Figura 44

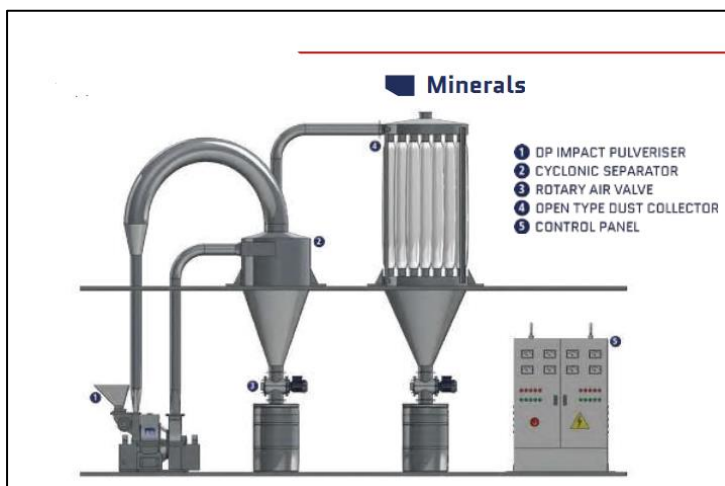
Especificaciones DP Pulveriser

Product	Approx. Throughput	Output Product Fineness d95	Machine Size
Limestone	900-950 kg/hr	100-300 Mesh	DP IP-32 BC (75HP)
Bentonite	2000-2500 kg/hr	200 Mesh	DP IP-52 (175 HP)
Coconut Shells	400-450 kg/hr	80-100 Mesh	DP IP-25 (30 HP)
Sea Shells	380-400 kg/hr	30 Mesh	DP IP-25 (30 HP)
Sodium Bentonite	330-350 kg/hr	125 Mesh	DP IP-25 (40HP)
Feldspar	600-900 kg/hr	80-300 Mesh	DP IP-32 (75HP)

Nota: Obtenido de (DP Pulveriser, 2022)

Se observa que el modelo seleccionado tiene una capacidad para caliza de 900 a 950 kg/h para piedra caliza, lo que mejoraría la capacidad de producción, además de, poseer un captador de polvo lo que evitaría pérdidas de material como resultado de la suspensión de las partículas en el aire, la estructura del molino observa en la Figura 45.

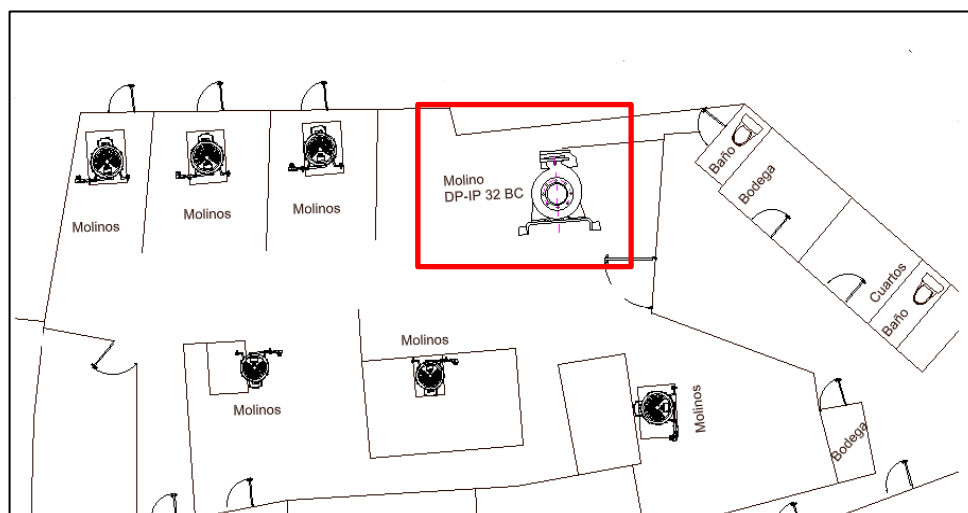
Figura 45
Pulverizador DP IP-32 BC



Nota: Obtenido de (DP Pulveriser, 2022)

En molino debe ser ubicado en una zona amplia que permita la libre circulación de todo el personal, además que permita todas las facilidades de instalación del mismo, se ha optado por la zona mostrada en la Figura 46, que es una zona construida actualmente en la planta de producción, cuyo fin fue que el espacio sea utilizado en una futura ampliación de la empresa, para colocar nueva maquinaria.

Figura 46
Extracto del plano de la empresa



Nota: Elaborado por Erik Santillán

Se observa que actualmente se tiene 6 molinos distribuidos por toda a la empresa lo cual no resulta rentable debido a la baja capacidad de molienda de los mismos considerando que solo se utilizan dos molinos por cada carga del horno, en rojo se observa el lugar de ubicación del molino propuesto, el mismo que tiene una capacidad de molienda

aproximadamente del triple actual, el diagrama completo de la empresa se lo puede observar en el Anexo 1.

Matriz de diseño de control

Identificada la etapa que necesita una mejora como se observa en la sección 4.4.3.3, obteniéndose como resultado el proceso de molienda, se planteó la forma de mejorar esta etapa como se plantea en la sección anterior; en ese contexto es necesario generar una herramienta de control interno que nos permita controlar, verificar y establecer los parámetros de control del mismo, como se observa en la Tabla 10.

Los parámetros que se observan en la tabla se encuentran en función de los factores: el primero es la norma NTE INEM 2071:1996 norma que rige las características de la cal viva y cal hidratada, el segundo la norma NTE INEN 154 que nos presenta los requisitos técnicos de mallas y tamices que presenta el molino en su estructura, el tercero la norma ASTM C25 que nos indica los métodos de prueba estándar para el análisis químico de piedra caliza, cal viva y cal hidratada, en base a estos dos factores se ha establecido los parámetros necesarios para garantizar la calidad del producto terminado y poder garantizar el correcto funcionamiento de la maquinaria.

Tabla 10

Matriz de diseño de control

Propósito	Parámetros	Estándares	Indicadores	Sistema de medición	Variación de parámetros	Medidas correctivas
Garantizar la eficacia del proceso de molienda en la producción de hidróxido de calcio	Tamaño del material cal hidratada	(25 – 75) mm según la norma NTE INEN 2 071:1996	Presencia de material particulado Presencia de piedra rechazada Presencia de ruido	Tamiz regulado mediante la norma NTE INEN 154 Persona mediante observación del proceso	(50 ± 25) mm	Tamaño del material grande se reduce el índice de carga del material Tamaño del material pequeño se aumenta la carga del material
	Humedad	Relación volumen masa (v/m) nivel de humedad (1 - 16) % según la norma ASTM C25	Mayor humedad genera menos polvo Menor humedad genera mayor cantidad de polvo Presencia de mayor ruido	Presencia de ruido anormal en el molino (suave - fuerte) Persona mediante el sonido en el proceso	(15±1) % de humedad	A menor humedad aumentar la carga y procesar menos tiempo de proceso A mayor humedad disminuir la carga y aumentar el tiempo de proceso
	Pureza	(60 - 100) % de cal según la norma NTE INEN 2 071:1996	Color opaco con tonos oscuros Presencia de mayor ruido en el proceso Composición arenosa en el producto Exceso de peso en el producto	Persona mediante la observación directa del producto	(80 ± 20) % de cal en su estructura	Revisión del producto mediante un análisis de laboratorio Aislar el lote afectado Retirar las impurezas mediante un proceso de tamizado

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

4.4.4.2 Etapa de envasado

En esta etapa se observa que es necesario una mejora del método seleccionado, actualmente sin importar el pedido solo se utiliza un trabajador para esta etapa, lo que ocasiona un cansancio excesivo en el trabajador de turno, además de tomar mucho tiempo la colocación en los sacos y su posterior sellado y traslado.

En base a la cantidad de trabajadores que tiene la empresa se determinó que es factible colocar a un trabajador adicional en la parte de envasado para mejorar eficiencia de esta etapa, además de mejorar la eficiencia general de la empresa.

4.4.5 Diagramas propuestos

Para establecer el nuevo diagrama se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El nuevo molino a ser adquirido, donde los tiempos en el proceso de molienda se reducen, en base a la capacidad de molienda proporciona por el fabricante.
- En la actividad de envasado se consideró colocar a dos trabajadores y se tomó los tiempos que les tomaba en promedio realizar las actividades observando una reducción en los tiempos de ensacado, cocido y traslado a la zona de almacenamiento.

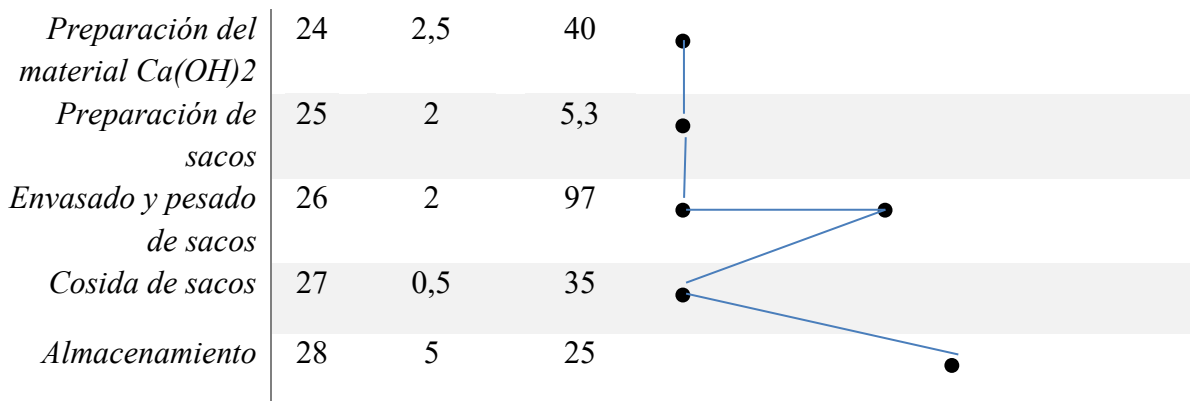
El diagrama propuesto se puede observar en la Tabla 11, este diagrama fue elaborado en base al diagrama de recorrido propuesto, mismo que puede ser observado en el Anexo 3.

Tabla 11

Diagrama propuesto

DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL (PROPUESTO)						
Número de hojas 2		Resumen				
Objetos: Proceso de fabricación del Hidróxido de calcio		Actividad		Actual	Propuesta	Economía
		Operación		25		
		Transporte		8		
Actividades: Todas las actividades del proceso		Espera		2		
		Inspección		8		
		Almacenamiento		1		
Lugar:		Distancia (m)		372,2		
Operario:		Tiempo (min)		1996		
Actividades		Total de actividades		44		
Descripción		Nº	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos	Observaciones
Recepción de materia prima	Clasificación piedra caliza	1	13,5	6,5	    	8 m3
		2	15	5,4		

<i>Traslado a la zona de triturado</i>	3	75,5	6	●	●	
<i>Triturado de piedra</i>	4	2,2	240	●		15 cm
<i>Recepción de leña y troncos</i>	5	8	35	●	●	7 m3
<i>Clasificación de los leña y troncos</i>	6	6	6	●		
<i>Transporte de leña y tronco</i>	7	60	30	●	●	
<i>Cargado de tronco y leña</i>	8	1,7	8,2	●	●	2,5 m3
<i>Transporte de piedra triturada</i>	9	27	3,2	●	●	
<i>Cargada de piedra triturada</i>	10	1,7	5	●	●	1,5 m3
<i>Transporte de tronco y leña</i>	11	2,5	3,1	●	●	2,5 m3
<i>Cargado de tronco y leña</i>	12	1,7	8,3	●	●	
<i>Transporte de piedra rechazo</i>	13	51	15	●	●	
<i>Cargado de piedra rechazo</i>	14	1,7	3,5	●	●	1 m3
<i>Transporte de piedra triturada</i>	15	27	5,3	●	●	
<i>Cargado piedra triturada</i>	16	1,7	3,2	●		1 m3
<i>Calcinación piedra triturada</i>	17	0	480		●	
<i>Extracción de la piedra calcinada</i>	18	2	75	●		Piedra calcinada
<i>Transporte de piedra calcinada</i>	19	45,5	60	●	●	
<i>Hidratación piedra calcinada</i>	20	3,5	90	●		
<i>Reposo piedra hidratada</i>	21	0	480		●	
<i>Molino triturador obtención Ca(OH)₂ (Cal)</i>	22	1	180	●	●	Estandarización
<i>Obtención y transporte piedra rechazo</i>	23	12	45	●	●	



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

El diagrama propuesto muestra una disminución del tiempo de ejecución, el método actual toma un tiempo de 2060,30 minutos por lote producido de cal, el método propuesto toma un tiempo de 1996 minutos, lo que representa una disminución del 3,12 % del tiempo actual.

4.4.6 Instructivo

Con el análisis realizado en la matriz de priorización se determinó las actividades que necesitan ser realizadas un instructivo, el objetivo de este es documentar los procesos más críticos para la empresa y que se pueda tener una guía para ejecutar los procesos, la propuesta de los instructivos de puede observar a continuación:

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:01
	Instructivo del Proceso: Triturado de Piedra caliza		Versión: 01
			Página 1 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

1.Objetivo

Establecer de manera clara los pasos a seguir para llevar a cabo la trituración de piedra en la producción de cal, garantizando un proceso ordenado y eficiente.

2.Alcance

Se aplica al personal que realiza la trituración de piedra en la planta de cal, cubriendo todo el proceso desde la llegada de la piedra hasta que queda lista para su uso en la producción.

3.Normativa

NTE INEN 2073:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

NTE INEN 2071:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

4.Definiciones

Inspección: es el proceso que consiste en comparar medir o verificar de cualquier forma una determinada acción o resultado en base a condiciones previamente establecidas.

Piedra caliza: roca compuesta principalmente por carbonato de calcio, utilizado principalmente en procesos industriales.

Combo: martillo de longitud y peso mayor a uno estándar.

5.Responsabilidades

La responsabilidad de revisar y aprobar está a cargo del gerente general de PROCALSACOM.

La responsabilidad de ejecutar está a cargo del trabajador de turno.

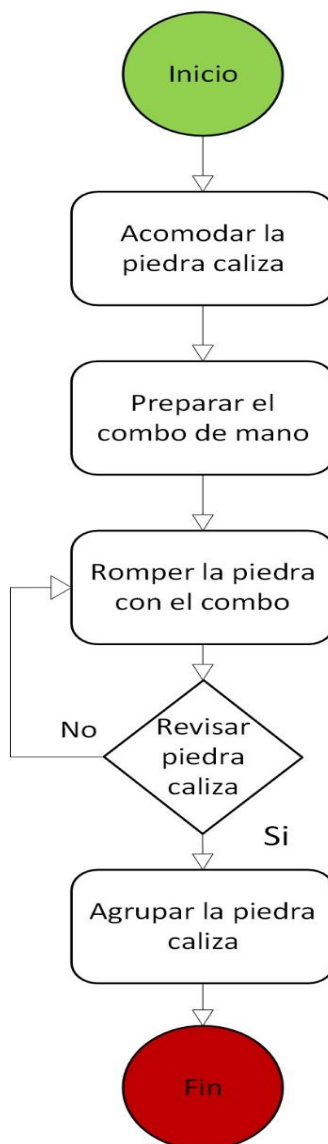
PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:01
	Instructivo del Proceso: Triturado de Piedra caliza		Versión: 01
			Página 2 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

La responsabilidad de supervisar la ejecución está a cargo del gerente general.

6. Diagrama de flujo

Figura 47

Diagrama de flujo del proceso de triturado



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:01
	Instructivo del Proceso: Triturado de Piedra caliza		Versión: 01
			Página 3 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

7.Procedimiento

- Antes del proceso
Revisar el instructivo del proceso y la documentación adjunta al mismo.
- Durante el proceso
 - f. Acomodar la piedra caliza (grande)
 - g. Preparar el combo de mano (6kg)
 - h. Romper la piedra con el combo (a mano)
 - i. Revisar las piedras (tamaño 15 cm)
 - j. Agrupar las piedras rotas (área específica)

8.Informacion documentada asociada

El trabajador en turno debe llenar la hoja de registro antes de empezar a realizar el proceso de triturado, el documento se lo puede observar en el anexo 5.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:02
	Instructivo del Proceso: Carga del Horno		Versión: 01
			Página 1 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

1.Objetivo

Establecer los pasos a seguir para realizar la carga del horno de cal de manera ordenada y eficiente, asegurando la correcta disposición del material para el proceso de calcinación.

2.Alcance

Aplica al personal encargado de realizar la carga del horno en la planta de producción de cal, desde la preparación del material hasta completar el llenado del horno, según las especificaciones del proceso de calcinación.

3.Normativa

NTE INEN 2073:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

NTE INEN 2071:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

4.Definiciones

Inspección: es el proceso que consiste en comparar medir o verificar de cualquier forma una determinada acción o resultado en base a condiciones previamente establecidas.

Piedra caliza: roca compuesta principalmente por carbonato de calcio, utilizado principalmente en procesos industriales.

Biomasa de madera: raíces de árboles, utilizados como combustible para el proceso de calcinación de la cal.

Calcinación: Es el proceso de calentar la piedra caliza a alta temperatura en un horno para transformarla en cal viva.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:02
	Instructivo del Proceso: Carga del Horno		Versión: 01
			Página 2 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

5.Responsabilidades

La responsabilidad de revisar y aprobar está a cargo del gerente general de PROCALSACOM.

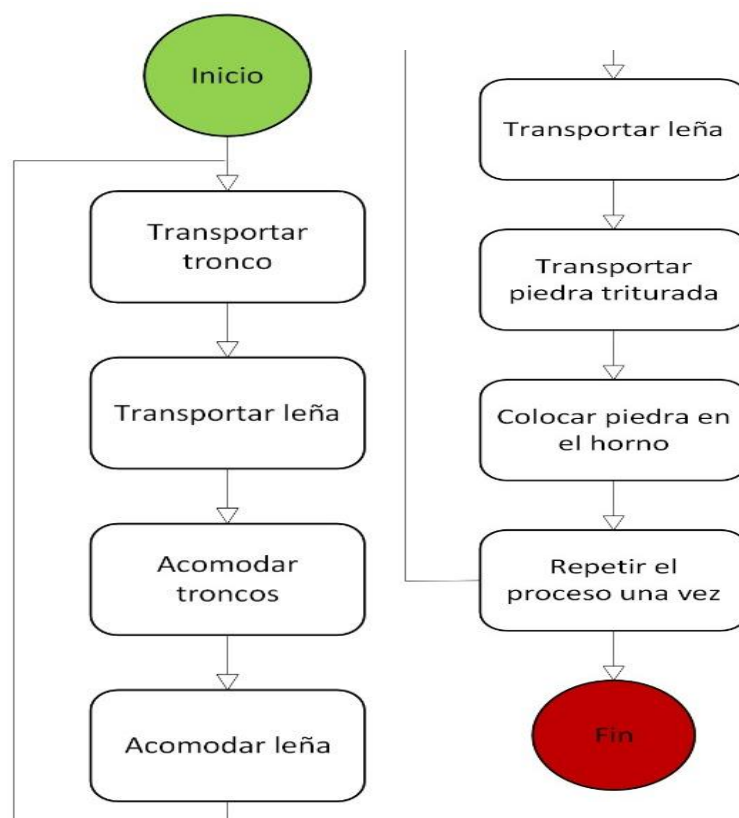
La responsabilidad de ejecutar está a cargo del trabajador de turno.

La responsabilidad de supervisar la ejecución está a cargo del gerente general.

6.Diagrama de flujo

Figura 48

Diagrama del flujo del proceso: Carga del horno



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:02
	Instructivo del Proceso: Carga del Horno		Versión: 01
			Página 3 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

7.Procedimiento

- Antes del proceso
 - Revisar el instructivo del proceso y la documentación adjunta al mismo.
- Durante el proceso
 - h. Transportar el tronco (con la minicargadora)
 - i. Transportar leña (con la minicargadora)
 - j. Acomodar los troncos con ayuda de la minicargadora y el operario en turno
 - k. Acomodar la leña con ayuda del operario en turno
 - l. Transportar la piedra triturada al horno (minicargadora)
 - m. Colocar la piedra en el horno
 - n. Repetir el proceso 1 vez mas

8.Informacion documentada asociada

El trabajador en turno debe llenar la hoja de registro antes de empezar a realizar el proceso de carga del horno, el documento se lo puede observar en el anexo 6.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:03
	Instructivo del Proceso: Calcinación		Versión: 01
			Página 1 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

1.objetivo

Describir los pasos que debe seguir el operario durante la etapa de calcinación, con el fin de asegurar que el proceso se realice de forma segura y eficiente.

2.Alcance

Este procedimiento aplica al trabajador encargados de la operación y monitoreo del horno durante la etapa de calcinación en el proceso de producción de cal.

3.Normativa

NTE INEN 2073:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

NTE INEN 2071:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

4.Definiciones

Piedra caliza: roca compuesta principalmente por carbonato de calcio, utilizado principalmente en procesos industriales.

Biomasa de madera: raíces de árboles, utilizados como combustible para el proceso de calcinación de la cal.

Calcinación: Es el proceso de calentar la piedra caliza a alta temperatura en un horno para transformarla en cal viva.

5.Responsabilidades

La responsabilidad de revisar y aprobar está a cargo del gerente general de PROCALSACOM.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:03
	Instructivo del Proceso: Calcinación		Versión: 01
			Página 2 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

La responsabilidad de ejecutar está a cargo del trabajador de turno.

La responsabilidad de supervisar la ejecución está a cargo del gerente general.

6. Diagrama de flujo

Figura 49

Diagrama del flujo del proceso: Calcinación



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:03
	Instructivo del Proceso: Calcinación		Versión: 01
			Página 3 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

7.Procedimiento

- Antes del proceso
 - Revisar el instructivo del proceso y la documentación adjunta al mismo.
- Durante el proceso
 - k. Revisar el nivel de carga del horno
 - l. Esperar 4 horas
 - m. Revisar el nivel de humo del horno
 - n. Esperar 4 horas
 - o. Revisar el estado del horno (sin presencia de humo)

8.Información documentada asociada

El trabajador en turno debe llenar la hoja de registro antes de empezar a realizar el proceso de calcinación, el documento se lo puede observar en el anexo 7.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:04
	Instructivo del Proceso: Extracción del Producto		Versión: 01
			Página 1 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

1.Objetivo

Describir los pasos que debe seguir el operario durante la etapa de extracción, con el fin de asegurar que el proceso se realice de forma segura y eficiente.

2.Alcance

Este procedimiento aplica al trabajador encargado de la operación de extracción de la cal de los hornos en el proceso de producción de cal.

3.Normativa

NTE INEN 2073:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

NTE INEN 2071:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

4.Definiciones

Cal: es una sustancia mineral obtenida al calentar rocas calizas a altas temperaturas.

5.Responsabilidades

La responsabilidad de revisar y aprobar está a cargo del gerente general de PROCALSACOM.

La responsabilidad de ejecutar está a cargo del trabajador de turno.

La responsabilidad de supervisar la ejecución está a cargo del gerente general

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:04
	Instructivo del Proceso: Extracción del Producto		Versión: 01
			Página 2 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

6. Diagrama de flujo

Figura 50

Diagrama del flujo del proceso: Extracción del producto



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:04
	Instructivo del Proceso: Extracción del Producto		Versión: 01
			Página 3 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

7.Procedimiento

- Antes del proceso
 - Revisar el instructivo del proceso y la documentación adjunta al mismo.
- Durante el proceso
 - f. Revisar la cámara inferior del horno
 - g. Descargar 4 m3 de piedra calcinada (4080 kg)
 - h. Preparar las carretillas para la extracción del material
 - i. Cargar las carretillas con el material (120kg cada carretilla)
 - j. Transportar el material al área de hidratación

8.Información documentada asociada

El trabajador en turno debe llenar la hoja de registro antes de empezar a realizar el proceso de extracción del producto, el documento se lo puede observar en el anexo 8.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:05
	Instructivo del Proceso: Hidratación		Versión: 01
			Página 1 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

1.Objetivo

Describir los pasos que debe seguir el operario durante la etapa de hidratación, con el fin de asegurar que el proceso se realice de forma segura y eficiente.

2.Alcance

Este procedimiento aplica al trabajador encargado de la operación de hidratación de la cal en el proceso de producción.

3.Normativa

NTE INEN 2073:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

NTE INEN 2071:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

4.Definiciones

Cal: es una sustancia mineral obtenida al calentar rocas calizas a altas temperaturas.

Hidratación: transformación que ocurre cuando la cal entra en contacto con agua y forma una sustancia más suave llamada hidróxido de calcio.

5.Responsabilidades

La responsabilidad de revisar y aprobar está a cargo del gerente general de PROCALSACOM.

La responsabilidad de ejecutar está a cargo del trabajador de turno.

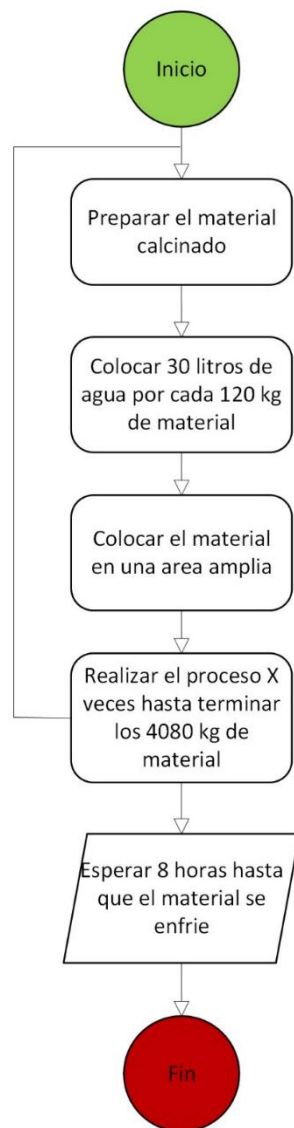
La responsabilidad de supervisar la ejecución está a cargo del gerente general

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:05
	Instructivo del Proceso: Hidratación		Versión: 01
			Página 2 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

6. Diagrama de flujo

Figura 51

Diagrama del flujo del proceso: Hidratación



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

7.Procedimiento

- Antes del proceso
Revisar el instructivo del proceso y la documentación adjunta al mismo.
- Durante el proceso
 - a) Preparar el material calcinado (120kg)
 - b) Colocar 30 litros de agua por cada 120 kg de material calcinado (2 valdes ½ de 12 litros cada uno)
 - c) Colocar el material en un área amplia
 - d) Realizar el proceso anterior X veces hasta completar los 4080 kg de material calcinado
 - e) Esperar 8 h hasta que el material se enfríe

8.Información documentada asociada

El trabajador en turno debe llenar la hoja de registro antes de empezar a realizar el proceso de hidratación, el documento se lo puede observar en el anexo 9.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:06
	Instructivo del Proceso: MOLIDA		Versión: 01
			Página 1 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

1.Objetivo

Describir los pasos que debe seguir el operario durante la etapa de molida, con el fin de asegurar que el proceso se realice de forma segura y eficiente.

2.Alcance

Este procedimiento aplica al trabajador encargado de la operación de molienda de la cal en el proceso de producción.

3.Normativa

NTE INEN 2073:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

NTE INEN 2071:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

4.Definiciones

Cal: es una sustancia mineral obtenida al calentar rocas calizas a altas temperaturas.

Molida: Proceso en el que la cal se tritura para reducir su tamaño y obtener un producto más fino y uniforme.

5.Responsabilidades

La responsabilidad de revisar y aprobar está a cargo del gerente general de PROCALSACOM.

La responsabilidad de ejecutar está a cargo del trabajador de turno.

La responsabilidad de supervisar la ejecución está a cargo del gerente general

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:06
	Instructivo del Proceso: MOLIDA		Versión: 01
			Página 2 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

6. Diagrama de flujo

Figura 52

Diagrama del flujo del proceso: Molida



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:06
	Instructivo del Proceso: MOLIDA		Versión: 01
			Página 3 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

7.Procedimiento

- Antes del proceso
Revisar el instructivo del proceso y la documentación adjunta al mismo.
- Durante el proceso
 - a) Preparar el material previamente hidratado
 - b) Alistar los equipos de protección personal
 - c) Alistar los materiales de carga (palas manuales)
 - d) Revisar que le molino visualmente
 - e) Revisar los interruptores del molino
 - f) Encender el molino
 - g) Colocar el material hidratado en la boca del molino con la pala a mano (5kg)
 - h) Colocar el material sucesivamente durante un tiempo determinado
 - i) Descansar de 10 a 20 minutos (operario en turno)
 - j) Colocar el material hidratado en el molino hasta terminar (4080 kg)
 - k) Apagar el molino bajando los interruptores
 - l) Dejar los materiales de carga (pala manual)
 - m) Retirarse los equipos de protección personal

8.Información documentada asociada

El trabajador en turno debe llenar la hoja de registro antes de empezar a realizar el proceso de molida, el documento se lo puede observar en el anexo 10.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:07
	Instructivo del Proceso: Pesado de Sacos		Versión: 01
			Página 1 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

1.Objetivo

Describir los pasos que debe seguir el operario durante la etapa de pesado de sacos, con el fin de asegurar que el proceso se realice de forma segura y eficiente.

2.Alcance

Este procedimiento aplica al trabajador encargado de la operación de pesado de sacos de la cal en el proceso de producción.

3.Normativa

NTE INEN 2073:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

NTE INEN 2071:1996 Productos químicos industriales. Cal viva y cal hidratada para el tratamiento de aguas.

4.Definiciones

Cal: es una sustancia mineral obtenida al calentar rocas calizas a altas temperaturas.

Molida: Proceso en el que la cal se tritura para reducir su tamaño y obtener un producto más fino y uniforme.

5.Responsabilidades

La responsabilidad de revisar y aprobar está a cargo del gerente general de PROCALSACOM.

La responsabilidad de ejecutar está a cargo del trabajador de turno.

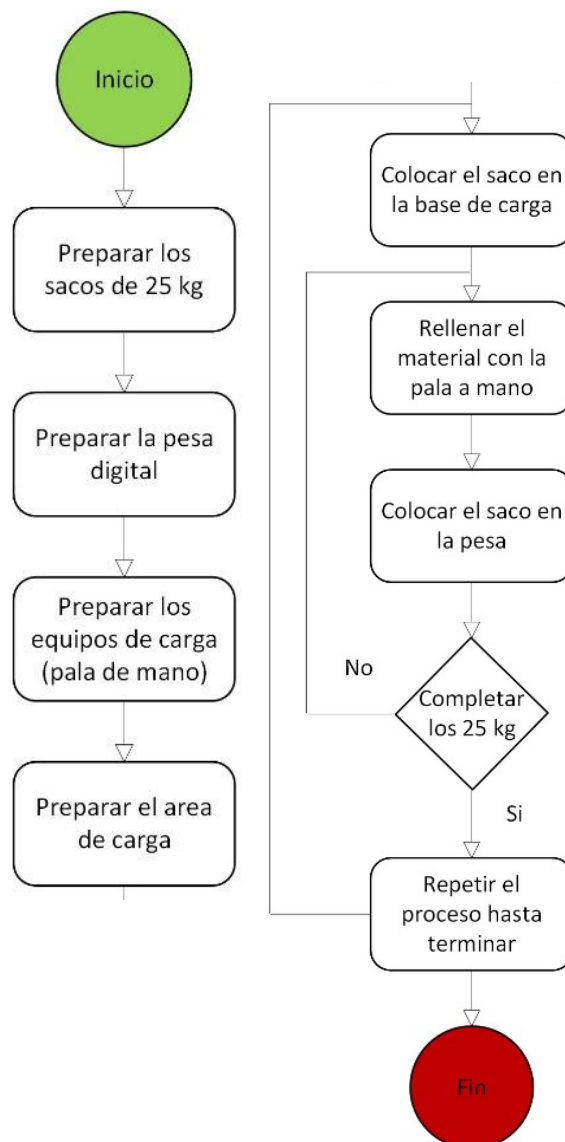
La responsabilidad de supervisar la ejecución está a cargo del gerente general

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: IPPC:07
	Instructivo del Proceso: Pesado de Sacos		Versión: 01
			Página 2 de 3
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

6. Diagrama de flujo

Figura 53

Diagrama del flujo del proceso: Pesado de sacos



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

7.Procedimiento

- Antes del proceso
Revisar el instructivo del proceso y la documentación adjunta al mismo.
- Durante el proceso
 - a) Preparar los sacos de 25kg
 - b) Preparar el molino
 - c) Preparar los equipos de carga (pala de mano)
 - d) Preparar el área de carga
 - e) Colocar el saco en la base de carga
 - f) Rellenar el material con la pala de mano
 - g) Colocar el saco en la pesa
 - h) Completar los 25 kg en el saco
 - i) Repetir el proceso hasta completar todo el material procesado (4000kg)

8.Información documentada asociada

El trabajador en turno debe llenar la hoja de registro antes de empezar a realizar el proceso de molienda, el documento se lo puede observar en el anexo 11.

4.4.7 *Recomendación del nuevo método*

El nuevo método se basa en dos aspectos:

- La utilización de un molino de más capacidad, con un captador de polvo para que toda la cal molida se quede en el equipo y no se esparza en la empresa, se necesita que el equipo disponga de una capacidad de molienda de 900 kg/h, el equipo seleccionado es un molino pulverizador de la marca DP Pulverizer, aunque se puede considerar otros fabricantes con características similares.
- El proceso de envasado, se consideró con dos trabajadores, los mismos que ensacan y pesan los 200 sacos, para posteriormente cocerlos y conjuntamente llevarlos a la zona de almacenamiento, este nuevo método, se utilizó en varios lotes de producción, obteniéndose de: inicialmente 65 minutos a demorarse 35 minutos en la actividad de pesado y ensacado, de tener 35 minutos inicialmente en la actividad de cocido a demorarse 20 minutos, y de 45 minutos inicialmente en la actividad de traslado a la zona de almacenamiento a demorarse aproximadamente 20 minutos.

4.5 Estudio de tiempos

4.5.1 *Tiempo promedio observado (TP)*

Para el desarrollo del estudio de tiempos primero se determinó el tiempo necesario para ejecutar cada actividad, detallado como el tiempo medio observado (TP), para ello se tomó un total de 10 tiempos por cada actividad, la ejecución de este análisis se desarrolló en un lapso de dos meses considerando que cada ciclo de producción tarda alrededor de 2 días en completarse.

La cantidad de mediciones realizadas se considera adecuada, ya que en estudios de tiempos aplicados a procesos industriales repetitivos y con condiciones de trabajo estables, un número limitado pero representativo de observaciones permite obtener promedios confiables.

Los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 12.

Tabla 12
Tiempo promedio

N	Descripción de las actividades	T1 min	T2 min	T3 (min)	T4 (min)	T5 (min)	T6 (min)	T7 (min)	T8 (min)	T9 (min)	T10 (min)	T. total (min)	TP
1	Recepción de materia prima	6	7,5	6,3	6,2	6,1	7	6,9	7,1	6	6,3	65,4	6,54
2	Clasificación piedra caliza	5,5	5,7	5	5,6	5,5	5	5,7	5,3	5,8	5	54,1	5,41
3	Traslado a la zona de triturado	6	6	5,8	6,3	6,4	6,1	6	6,3	5,9	6	60,8	6,08
4	Triturado de piedra	243	238	239	240	240	240	240	241	241	241	240	240
5	Recepción de leña y troncos	34	35,2	36	34,5	35	35	34	36,3	35	35	350	35
6	Clasificación de los leña y troncos	6	6,1	6	6,2	6	6	5,7	6,1	6	6,9	61	6,1
7	Transporte de leña y tronco	40	40,2	40	41	40	40,5	41,3	40	40	41	404	40,4
8	Cargado de tronco y leña	14	15,2	15	16	14,8	15	15	15	14	15	149	14,9
9	Transporte de piedra triturada	4	4	4,5	4,1	4,2	4	4,6	4	4	4,6	42	4,2
10	Cargada de piedra triturada	7	7,5	7	7	7,2	7,1	7,8	7	7,4	7	72	7,2
11	Transporte de tronco y leña	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	70	7
12	Cargado de tronco y leña	17	16	17,2	17	16,8	17	17	17	17,5	15,5	168	16,8
13	Transporte de piedra rechazo	14	15	15,5	15	15	15,2	14,8	15	15	15,5	150	15
14	Cargado de piedra rechazo	3	3,2	3,5	3	3,8	3	3,5	3,7	3	4,3	34	3,4
15	Transporte de piedra triturada	5	5	5,2	5	5,3	5,5	5	6	5,4	5,6	53	5,3
16	Cargado piedra triturada	3	3	3,1	3,2	3,3	3	3,4	3	3	3	31	3,1
17	Calcinación piedra triturada	480	480	479,5	480,2	480	480	480,3	480	480	479	4799	479,9
18	Extracción de la piedra calcinada	75	75	75,5	75	75,3	75	74	75	75	75,2	750	75
19	Transporte de piedra calcinada	60	60	59,8	60	60,5	60	60	60	59,7	59	599	59,9

20	Hidratación piedra calcinada	90	90,2	90	89,5	90	90	90	90	90,3	89	899	89,9
21	Reposo piedra hidratada	480	480	480,5	479,5	480	480	480	480,2	479,8	480	4800	480
22	Molida	300	290	305	295	290	310	302	300	308	300	3000	300
23	Obtención y transporte piedra	45	44,8	45,2	45	45	45	45,1	45	45	45,9	451	45,1
24	Preparación del material Cal	40	40	39,5	40,2	40	40	40	40,3	40	39	399	39,9
25	Preparación de sacos	5	5,3	5	5,2	5,5	5	5,1	5,7	5,2	6	53	5,3
26	Envasado y pesado de sacos	97	97	97,5	96,5	97	97	97	97	97	97	970	97
27	Cosida de sacos	35	35,2	34,8	35	35	35	35,3	35	35	34,7	350	35
28	Almacenamiento	25	25	25,5	24,8	25	25	25	24,7	25	24	249	24,9

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

4.5.2 Tiempo normal (TN)

En base a la Ecuación 2, se determina que el tiempo normal (TN) está en función al tiempo observado y al desempeño del trabajador, para poder establecer este parámetro se tuvo las siguientes consideraciones, en selección del operario se debe considerar que los trabajadores actualmente llevan varios años trabajando en la empresa, aunque no se tiene procedimientos establecidos ni normalizados, empíricamente han desarrollado las habilidades para ejecutar las actividades con una consideración mínima de trabajador promedio, por lo que los trabajadores no van a tener un factor menor de 1, en cuanto a la forma de evaluar este factor se tomó por consideración la calificación de la velocidad, esta forma depende directamente de los tiempos que se demoran en ejecutar la actividad, teniendo en consideración que actividades van a tener un factor mayor a 1, como se observa en la Tabla 13.

Tabla 13

Tiempo normal

Nº	Descripción de las actividades	Tiempo prom. (min)	C	C/100	TN
1	Recepción de materia prima	6,54	100	1	6,54
2	Clasificación piedra caliza	5,41	100	1	5,41
3	Traslado a la zona de triturado	6,08	100	1	6,08

4	Triturado de piedra	240	112	1,12	268,8
5	Recepción de leña y troncos	35	100	1	35,00
6	Clasificación de los leña y troncos	6,1	100	1	6,10
7	Transporte de leña y tronco	40,4	100	1	40,40
8	Cargado de tronco y leña	14,9	100	1	14,90
9	Transporte de piedra triturada	4,2	100	1	4,20
10	Cargada de piedra triturada	7,2	100	1	7,20
11	Transporte de tronco y leña	7	100	1	7,00
12	Cargado de tronco y leña	16,8	100	1	16,80
13	Transporte de piedra rechazo	15	100	1	15,00
14	Cargado de piedra rechazo	3,4	100	1	3,40
15	Transporte de piedra triturada	5,3	100	1	5,30
16	Cargado piedra triturada	3,1	100	1	3,10
17	Calcinación piedra triturada	479,9	112	1,12	537,49
18	Extracción de la piedra calcinada	75	100	1	75,00
19	Transporte de piedra calcinada	59,9	112	1,12	67,09
20	Hidratación piedra calcinada	89,9	100	1	89,90
21	Reposo piedra hidratada	480	100	1	480,00
22	Molida	300	112	1,12	336,00
23	Obtención y transporte piedra	45,1	100	1	45,10
24	Preparación del material Cal	39,9	100	1	39,90
25	Preparación de sacos	5,3	112	1,12	5,94

26	Envasado y pesado de sacos	97	112	1,12	108,64
27	Cosida de sacos	35	100	1	35,00
28	Almacenamiento	24,9	100	1	24,90

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

Aunque se tiene una rotación constante de trabajadores, no todas las actividades sufren retrasos significativos dependiendo del trabajador, las actividades más críticas en base a la velocidad están estas establecidos con un factor de 1.12, en consideración a las observaciones realizadas y al análisis estadístico que rige el método empleado.

4.5.3 *Tiempo estándar (TE)*

Para determinar el tiempo estándar se utilizará la Ecuación 3, donde es necesario determinar las holguras presentes en cada actividad, estas holguras están divididas en holguras por necesidades personales, holguras por fatiga, holguras por descanso variable como se muestran en la Figura 8, los valores obtenidos deben ser sumados para luego ser reemplazados en la fórmula establecida, los valores obtenidos de las holguras mediante observaciones en los ciclos de producción son los presentes en la Tabla 14.

Tabla 14

Tiempo estándar holguras

Nº	Actividades	Holguras	Porcentaje individual	Porcentaje total
1	Recepción de materia prima	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
2	Clasificación piedra caliza	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
3	Traslado a la zona de triturado	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
4	Triturado de piedra	Necesidades personales	5	17
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	6	
5	Recepción de leña y troncos	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	

		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
6	Clasificación de los leña y troncos	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
7	Transporte de leña y tronco	Necesidades personales	5	11
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	0	
		Monotonía	2	
8	Cargado de tronco y leña	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
9	Transporte de piedra triturada	Necesidades personales	5	11
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	0	
		Monotonía	2	
10	Cargada de piedra triturada	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
11	Transporte de tronco y leña	Necesidades personales	5	11
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	0	
		Monotonía	2	
12	Cargado de tronco y leña	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
13	Transporte de piedra rechazo	Necesidades personales	5	11
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	0	
		Monotonía	2	
14	Cargado de piedra rechazo	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
15	Transporte de piedra triturada	Necesidades personales	5	11
		Fatiga Básica	4	

		Holgura por postura	0	
		Monotonía	2	
16	Cargado piedra triturada	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
17	Calcinación piedra triturada	Necesidades personales	5	9
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	0	
		Monotonía	0	
18	Extracción de la piedra calcinada	Necesidades personales	5	17
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	6	
19	Transporte de piedra calcinada	Necesidades personales	5	11
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	0	
		Monotonía	2	
20	Hidratación piedra calcinada	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
21	Reposo piedra hidratada	Necesidades personales	0	0
		Fatiga Básica	0	
		Holgura por postura	0	
		Monotonía	0	
22	Molida	Necesidades personales	5	17
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	6	
23	Obtención y transporte piedra	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
24	Preparación del material Cal	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
25	Preparación de sacos	Necesidades personales	5	9
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	0	
		Monotonía	0	
26	Envasado y pesado de sacos	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	

27	Cosida de sacos	Holgura por postura	2	13
		Monotonía	2	
		Necesidades personales	5	
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	
28	Almacenamiento	Necesidades personales	5	13
		Fatiga Básica	4	
		Holgura por postura	2	
		Monotonía	2	

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

Una vez determinado el factor porcentual de las holguras se determina el tiempo estándar utilizando la ecuación 3, los resultados obtenidos se observan en la Tabla 15.

Tabla 15
Tiempo estándar

Nº	Descripción de las actividades	TN	Holguras %	TE
1	Recepción de materia prima	6,54	13	7,39
2	Clasificación piedra caliza	5,41	13	6,11
3	Traslado a la zona de triturado	6,08	13	6,87
4	Triturado de piedra	268,8	17	314,5
5	Recepción de leña y troncos	35,00	13	39,55
6	Clasificación de los leña y troncos	6,10	13	6,89
7	Transporte de leña y tronco	40,40	11	44,84
8	Cargado de tronco y leña	14,90	13	16,84
9	Transporte de piedra triturada	4,20	11	4,66
10	Cargada de piedra triturada	7,20	13	8,14
11	Transporte de tronco y leña	7,00	11	7,77
12	Cargado de tronco y leña	16,80	13	18,98
13	Transporte de piedra rechazo	15,00	11	16,65

14	Cargado de piedra rechazo	3,40	13	3,84
15	Transporte de piedra triturada	5,30	11	5,88
16	Cargado piedra triturada	3,10	13	3,50
17	Calcinación piedra triturada	537,49	9	585,86
18	Extracción de la piedra calcinada	75,00	17	87,75
19	Transporte de piedra calcinada	67,09	11	74,47
20	Hidratación piedra calcinada	89,90	13	101,59
21	Reposo piedra hidratada	480,00	0	480,00
22	Molida	336,00	17	393,12
23	Obtención y transporte piedra	45,10	13	50,96
24	Preparación del material Cal	39,90	13	45,09
25	Preparación de sacos	5,94	9	6,47
26	Envasado y pesado de sacos	108,64	13	122,76
27	Cosida de sacos	35,00	13	39,55
28	Almacenamiento	24,90	13	28,14

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

4.5.4 *Tiempo promedio observado propuesto (TP)*

Para el desarrollo del estudio de tiempos primero se determinó el tiempo necesario para ejecutar cada actividad, según el método propuesto, solo en proceso de molienda se lo realizó en base a las especificaciones del molino y en base a la capacidad de molienda por hora.

Los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 16.

Tabla 16

Tiempo promedio

Nº	Descripción de las actividades	T1 min	T2 min	T3 min	T4 min	T5 min	T6 min	T7 min	T8 min	T9 min	T10 min	Tiempo total (min)	TP
1	Recepción de materia prima	6	7,5	6,3	6,2	6,1	7	6,9	7,1	6	6,3	65,4	6,54

2	Clasificación piedra caliza	5,5	5,7	5	5,6	5,5	5	5,7	5,3	5,8	5	54,1	5,41
3	Traslado a la zona de triturado	6	6	5,8	6,3	6,4	6,1	6	6,3	5,9	6	60,8	6,08
4	Triturado de piedra	243	238	239	240	240	240	240	241	241	241	240	240
5	Recepción de leña y troncos	34	35,2	36	34,5	35	35	34	36,3	35	35	350	35
6	Clasificación de los leña y troncos	6	6,1	6	6,2	6	6	5,7	6,1	6	6,9	61	6,1
7	Transporte de leña y tronco	30	30,2	28	32	30	30	29	31,5	29	30	299,7	29,97
8	Cargado de tronco y leña	8	9	7	9	8	8	8	8	8,5	8,5	82	8,2
9	Transporte de piedra triturada	3	4	3,5	3,1	3	3,9	3	3,5	2,1	3	32,1	3,21
10	Cargada de piedra triturada	5	4	6	5	5	4,5	4,5	5	6	5	50	5
11	Transporte de tronco y leña	3	3,5	3	3,5	3	3	3	3,5	2,5	3	31	3,1
12	Cargado de tronco y leña	8,5	9	9,5	7,5	8	8	8,5	8	7,5	8,5	83	8,3
13	Transporte de piedra rechazo	14	15	15,5	15	15	15,2	14,8	15	15	15,5	150	15
14	Cargado de piedra rechazo	3	3,2	3,5	3	3,8	3	3,5	4,6	3	4,3	34,9	3,49
15	Transporte de piedra triturada	5	5	5,2	5	5,3	5,5	5	6	5,4	5,6	53	5,3
16	Cargado piedra triturada	3	3	3,1	3,2	3,3	3	3,4	3	3	4	32	3,2
17	Calcinación piedra triturada	480	480	479,5	480,2	480	480	480,3	480	480	479	4799	479,9
18	Extracción de la piedra calcinada	75	75	75,5	75	75,3	75	74	75	75	75,2	750	75
19	Transporte de piedra calcinada	60	60	59,8	60	60,5	60	60	60	59,7	59	599	59,9
20	Hidratación piedra calcinada	90	90,2	90	89,5	90	90	90	90	90,3	89	899	89,9
21	Reposo piedra hidratada	480	480	480,5	479,5	480	480	480	480,2	479,8	480	4800	480
22	Molida	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	1800	180
23	Obtención y transporte piedra	45	44,8	45,2	45	45	45	45,1	45	45	45,9	451	45,1

24	Preparación del material Cal	40	40	39,5	40,2	40	40	40	40,3	40	39	399	39,9
25	Preparación de sacos	5	5,3	5	5,2	5,5	5	5,1	5,7	5,2	6	53	5,3
26	Envasado y pesado de sacos	97	97	97,5	96,5	97	97	97	97	97	97	970	97
27	Cosida de sacos	35	35,2	34,8	35	35	35	35,3	35	35	34,7	350	35
28	Almacenamiento	25	25	25,5	24,8	25	25	25	24,7	25	24	249	24,9

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

4.5.5 Tiempo normal propuesto (TN)

En base a los tiempos TP propuestos se determinó los tiempos normales, obteniéndose los resultados de la tabla 17.

Tabla 17

Tiempo normal propuesto

Nº	Descripción de las actividades	Tiempo prom. (min)	C	C/100	TN
1	Recepción de materia prima	6,54	100	1	6,54
2	Clasificación piedra caliza	5,41	100	1	5,41
3	Traslado a la zona de triturado	6,08	100	1	6,08
4	Triturado de piedra	240	112	1,12	268,80
5	Recepción de leña y troncos	35	100	1	35,00
6	Clasificación de los leña y troncos	6,1	100	1	6,10
7	Transporte de leña y tronco	29,97	100	1	29,97
8	Cargado de tronco y leña	8,2	100	1	8,20
9	Transporte de piedra triturada	3,21	100	1	3,21
10	Cargada de piedra triturada	5	100	1	5,00
11	Transporte de tronco y leña	3,1	100	1	3,10
12	Cargado de tronco y leña	8,3	100	1	8,30

13	Transporte de piedra rechazo	15	100	1	15,00
14	Cargado de piedra rechazo	3,49	100	1	3,49
15	Transporte de piedra triturada	5,3	100	1	5,30
16	Cargado piedra triturada	3,2	100	1	3,20
17	Calcinación piedra triturada	479,9	112	1,12	537,49
18	Extracción de la piedra calcinada	75	100	1	75,00
19	Transporte de piedra calcinada	59,9	112	1,12	67,09
20	Hidratación piedra calcinada	89,9	100	1	89,90
21	Reposo piedra hidratada	480	100	1	480,00
22	Molida	180	112	1,12	201,60
23	Obtención y transporte piedra	45,1	100	1	45,10
24	Preparación del material Cal	39,9	100	1	39,90
25	Preparación de sacos	5,3	112	1,12	5,94
26	Envasado y pesado de sacos	97	112	1,12	108,64
27	Cosida de sacos	35	100	1	35,00
28	Almacenamiento	24,9	100	1	24,90

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

4.5.6 Tiempo estándar propuesto (TE)

Para determinar el tiempo estándar se utilizará la ecuación establecida anteriormente en el tiempo estándar con los tiempos propuestos determinados, obteniéndose los resultados de la Tabla 18.

Tabla 18*Tiempo estándar propuesto*

N°	Descripción de las actividades	TN	Holguras %	TE
1	Recepción de materia prima	6,54	13	7,39
2	Clasificación piedra caliza	5,41	13	6,11
3	Traslado a la zona de triturado	6,08	13	6,87
4	Triturado de piedra	268,80	17	314,50
5	Recepción de leña y troncos	35,00	13	39,55
6	Clasificación de los leña y troncos	6,10	13	6,89
7	Transporte de leña y tronco	29,97	11	33,27
8	Cargado de tronco y leña	8,20	13	9,27
9	Transporte de piedra triturada	3,21	11	3,56
10	Cargada de piedra triturada	5,00	13	5,65
11	Transporte de tronco y leña	3,10	11	3,44
12	Cargado de tronco y leña	8,30	13	9,38
13	Transporte de piedra rechazo	15,00	11	16,65
14	Cargado de piedra rechazo	3,49	13	3,94
15	Transporte de piedra triturada	5,30	11	5,88
16	Cargado piedra triturada	3,20	13	3,62
17	Calcinación piedra triturada	537,49	9	585,86
18	Extracción de la piedra calcinada	75,00	17	87,75
19	Transporte de piedra calcinada	67,09	11	74,47

20	Hidratación piedra calcinada	89,90	13	101,59
21	Reposo piedra hidratada	480,00	0	480,00
22	Molida	201,60	17	235,87
23	Obtención y transporte piedra	45,10	13	50,96
24	Preparación del material Cal	39,90	13	45,09
25	Preparación de sacos	5,94	9	6,47
26	Envasado y pesado de sacos	108,64	13	122,76
27	Cosida de sacos	35,00	13	39,55
28	Almacenamiento	24,90	13	28,14

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

4.5.7 Comparación de los tiempos estándar actual y propuesto

Una vez determinados los tiempos estándar actual y propuestos, es necesario realizar el análisis de los mismo, para poder establecer numéricamente y gráficamente la diferencia entre cada uno de ellos para establecer en qué etapa del proceso se tiene una reducción de tiempos, como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19

Comparación de tiempo estándar actual y propuesto

Nº	Descripción de las actividades	TE ACTUAL	TE PROPUESTO
1	Recepción de materia prima	7,39	7,39
2	Clasificación piedra caliza	6,11	6,11
3	Traslado a la zona de triturado	6,87	6,87
4	Triturado de piedra	314,50	314,50
5	Recepción de leña y troncos	39,55	39,55
6	Clasificación de los leña y troncos	6,89	6,89
7	Transporte de leña y tronco	44,84	33,27
8	Cargado de tronco y leña	16,84	9,27
9	Transporte de piedra triturada	4,66	3,56
10	Cargada de piedra triturada	8,14	5,65
11	Transporte de tronco y leña	7,77	3,44
12	Cargado de tronco y leña	18,98	9,38

13	Transporte de piedra rechazo	16,65	16,65
14	Cargado de piedra rechazo	3,84	3,94
15	Transporte de piedra triturada	5,88	5,88
16	Cargado piedra triturada	3,50	3,62
17	Calcinación piedra triturada	585,86	585,86
18	Extracción de la piedra calcinada	87,75	87,75
19	Transporte de piedra calcinada	74,47	74,47
20	Hidratación piedra calcinada	101,59	101,59
21	Reposo piedra hidratada	480,00	480,00
22	Molida	393,12	235,87
23	Obtención y transporte piedra	50,96	50,96
24	Preparación del material Cal	45,09	45,09
25	Preparación de sacos	6,47	6,47
26	Envasado y pesado de sacos	122,76	122,76
27	Cosida de sacos	39,55	39,55
28	Almacenamiento	28,14	28,14

Fuente: Elaborado por Erik Santillán

En función de los datos encontrados, se determinó que no todas las actividades tuvieron una disminución de tiempos, esto es debido a que la propuesta de mejora se enfoca en actividades específicas y no todas las actividades, las actividades que necesitan tuvieron una reducción de tiempos debido al cambio del método son: transporte de leña y tronco, cargado de leña y tronco, transporte de piedra triturada, cargada de piedra triturada, transporte de leños y troncos, cargado de tronco y leña, y la actividad de molida.

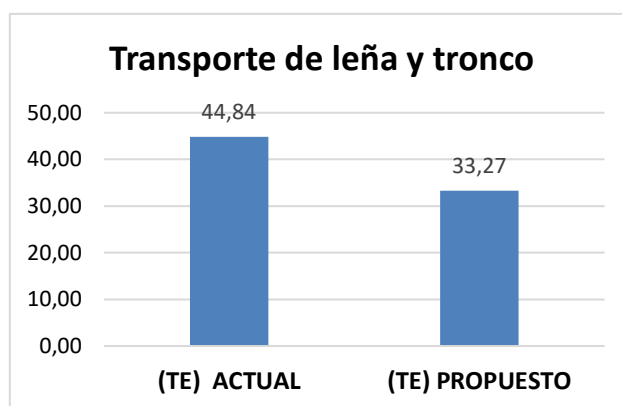
4.5.7.1 Análisis e interpretación

- Transporte de leña y tronco

Los resultados encontrados se muestran en la Figura 54.

Figura 54

Gráfica del transporte de leña y tronco



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

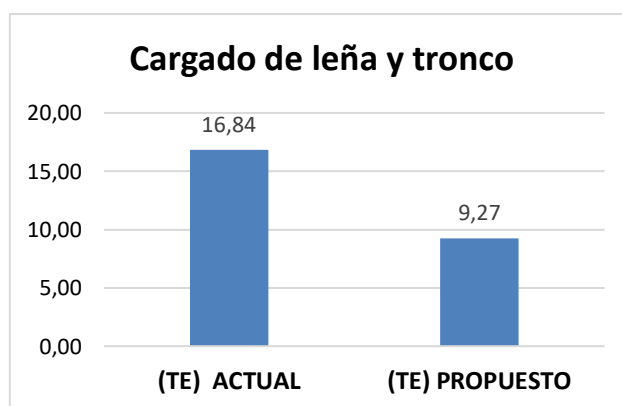
Se observa que el tiempo estándar actual para la recepción de materia prima es de: 44,84 minutos y el tiempo estándar propuesto es de: 33,27 minutos, lo que corresponde a una reducción del 25,81%.

- Cargado de leña y tronco

Los resultados encontrados se muestran en la Figura 55.

Figura 55

Gráfica de cargado de leña y tronco



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

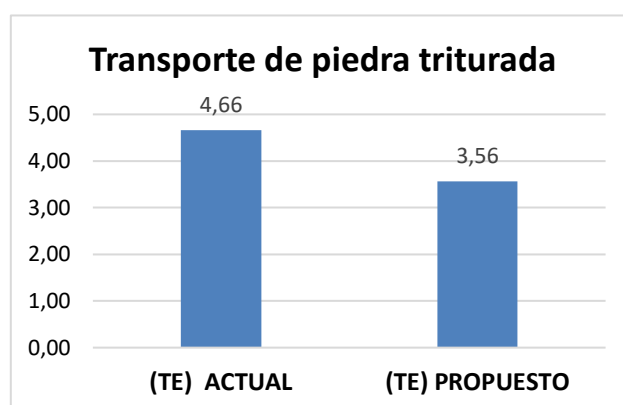
Se observa que el tiempo estándar actual para el cargado de leña y tronco es de: 16,84 minutos y el tiempo estándar propuesto es de: 9,27 minutos, lo que corresponde a una reducción del 44,94%.

- Transporte de piedra triturada

Los resultados encontrados se muestran en la Figura 56.

Figura 56

Gráfica de transporte de piedra triturada



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

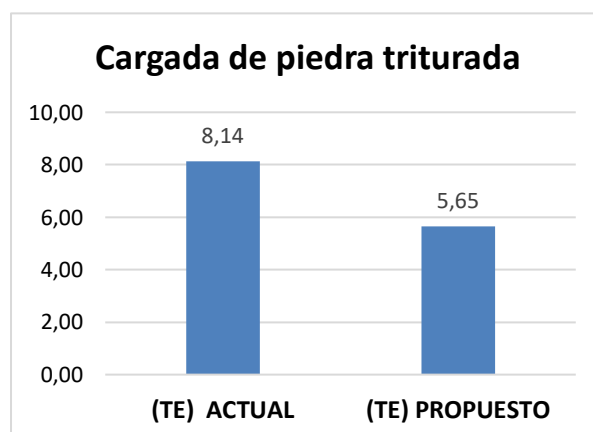
Se observa que el tiempo estándar actual para el transporte de piedra triturada es de: 4,66 minutos y el tiempo estándar propuesto es de: 3,56 minutos, lo que corresponde a una reducción del 23,61%.

- Cargada de piedra triturada

Los resultados encontrados se muestran en la Figura 57.

Figura 57

Gráfica de cargada de piedra triturada



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

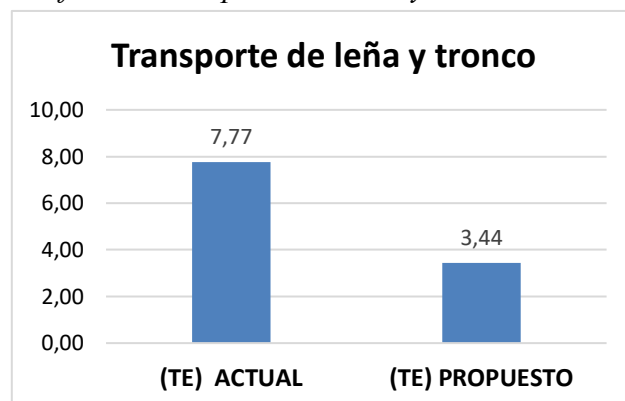
Se observa que el tiempo estándar actual para la cargada de piedra triturada es de: 8,14 minutos y el tiempo estándar propuesto es de: 5,65 minutos, lo que corresponde a una reducción del 30,59%.

- Transporte de leños y troncos

Los resultados encontrados se muestran en la Figura 58.

Figura 58

Gráfica de transporte de leños y troncos



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

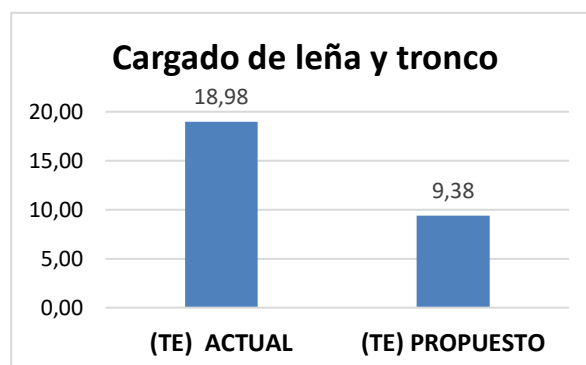
Se observa que el tiempo estándar actual para el transporte de leños y troncos es de: 7,77 minutos y el tiempo estándar propuesto es de: 3,44 minutos, lo que corresponde a una reducción del 30,59%.

- Cargado de leña y tronco

Los resultados encontrados se muestran en la Figura 59.

Figura 59

Gráfica de Cargado de leña y tronco



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

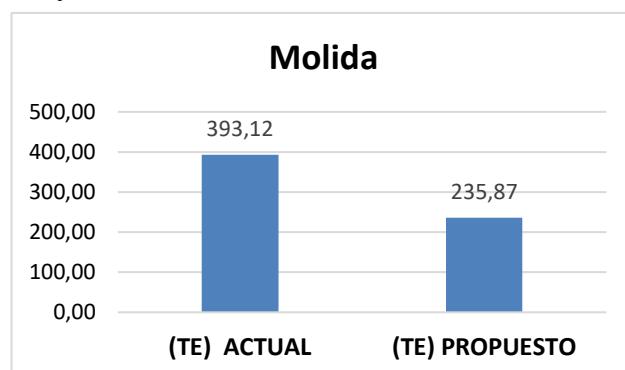
Se observa que el tiempo estándar actual para el cargado de leña y tronco es de: 18,98 minutos y el tiempo estándar propuesto es de: 9,38 minutos, lo que corresponde a una reducción del 50.58%.

- Molida

Los resultados encontrados se muestran en la Figura 60.

Figura 60

Gráfica de molido



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

Se observa que el tiempo estándar actual para el cargado de leña y tronco es de: 393,12 minutos y el tiempo estándar propuesto es de: 235,87 minutos, lo que corresponde a una reducción del 39,98%.

4.6 Cálculo de la productividad

4.6.1 Productividad total actual

La productividad total es la relación entre los elementos producidos y los insumos utilizados, para ello primero se determinará a la productividad total en base a la producción actual que maneja la empresa, considerando los datos tomados en el diagrama recorrido actual de la empresa, siendo este tiempo de 2148,7 minutos con un total de 200 sacos producidos.

Datos obtenidos:

Tiempo total empleado: 35, 81 horas

Sacos obtenidos: 200 sacos

Cálculo de la productividad total:

$$Pv = \frac{200 \text{ sacos}}{35,81 \text{ h}} = 5,59 \text{ sacos/hora}$$

4.6.2 Productividad parcial propuesta

En base al nuevo método propuesto se obtuvieron los siguientes datos:

Datos obtenidos:

Tiempo total empleado: 33, 27 horas

Sacos obtenidos: 220 sacos, este dato se lo obtuvo en base a mediciones de desperdicios en los molinos, obteniendo una cantidad aproximada de 3 sacos por ciclo de producción que se pierde por no tener captador de polvo en los molinos, mismo que se añade en el molino propuesto.

Cálculo de la productividad total:

$$Pv = \frac{220 \text{ sacos}}{33,27 \text{ h}} = 6,61 \text{ sacos/hora}$$

4.6.3 Variación porcentual relativa

Como se busca determinar el porcentaje de mejora en términos de rendimiento, no solo en base al incremento de la productividad se optó por determinar la variación porcentual relativa, con los siguientes datos obtenidos.

Datos obtenidos:

Pv anterior = 5,59 sacos/hora

Pv nuevo método = 6,61 sacos/hora

Cálculos:

$$\% \text{ Mejora} = \frac{Pv \text{ nueva} - Pv \text{ anterior}}{Pv \text{ anterior}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Mejora} = \frac{6,61 - 5,59}{5,61} \times 100\%$$

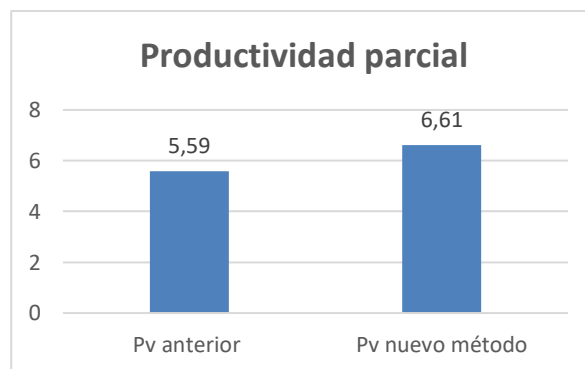
$$\% \text{ Mejora} = 18,18 \%$$

Lo que indica que implementando el nuevo método en el proceso de producción de la cal se obtendrá una mejoría del 18,18 %.

Los resultados encontrados se muestran en la Figura 61.

Figura 61

Gráfica de la comparativa de productividad



Fuente: Elaborado por Erik Santillán

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En base al diagrama analítico de proceso, el análisis por diagrama bimanual, el desarrollo de la matriz SIPOC y al estudio de las 5M, se estableció el método actual de la empresa en el proceso de producción de cal, así como sus limitaciones, concluyendo así, que es un proceso es su totalidad empírico, siendo las etapas de transporte de materia prima, de molienda, como las prioritarias a una mejora del método.
- Mediante la estandarización de tiempos, se obtuvieron los tiempos estándar del proceso actual y del proceso propuesto, obteniéndose los siguientes porcentajes de mejoría en base al proceso propuesto; en la etapa de transporte de leña se obtuvo una reducción del tiempo de 25,81%, en el cargado de leña y tronco se obtuvo una reducción de tiempo del 44,94%, en el transporte de piedra se obtuvo una reducción de tiempo de 23,61% y en la etapa de molienda una reducción de 39,98%.
- El proceso actual de producción de cal fue estudiado por varios métodos de análisis, resultando así, en un entendimiento global de las falencias del método actual, al determinar la productividad total de método actual se obtuvo un valor de 5,59 sacos / hora, al determinar la productividad del proceso propuesto se obtuvo un valor de 6,61 sacos / h, aumento que representa un saco más producido por hora trabajada, siendo 24 sacos por día y al mes un total de 720 sacos adicionales.

5.2 Recomendaciones

- Implementar el método propuesto en el proceso de producción de la cal, dado que el estudio de tiempos y el cálculo de la productividad demostraron una mejoría, perfeccionando el método empleado en etapas claves y reduciendo tiempos de ejecución.
- Establecer un sistema de documentación de tiempos y seguimiento de la productividad, mediante registros y la utilización de herramientas digitales, centrándose en la evaluación periódica de procesos y su rendimiento.
- Invertir en la implementación de sistemas de automatización para la etapa de calcinación de la piedra caliza, siendo la etapa central del proceso de producción y la que se desarrolla en su totalidad empíricamente, desembocando en errores periódicamente.

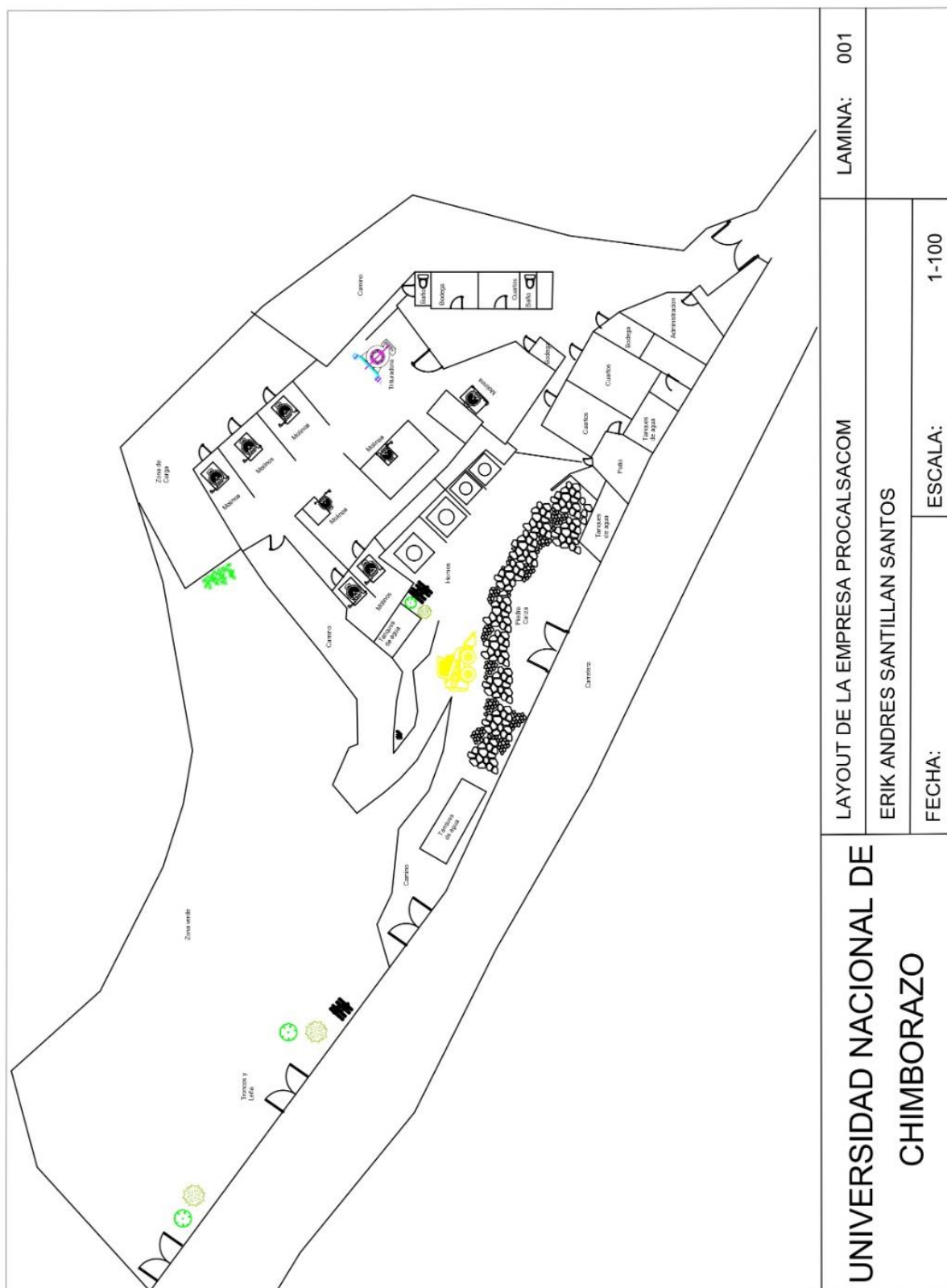
BIBLIOGRAFÍA

- Bocángel, G., Echevarría, C., Bocángel, M., Perales, R., & Hilario, J. (2021). *Ingeniería industrial-ingeniería de métodos I* (Primera, Vol. 1). <https://www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/09/LIBRO-INGENIERIA-DE-METODOS-I.pdf>
- Burgos, C., & Villacrés, E. (2024). Elementos de Administración Industrial, Herramientas y Aplicaciones. En *EDITORIAL UNACH*. Universidad Nacional de Chimborazo. <https://doi.org/10.37135/u.editorial.05.113>
- Caballero, R. (2019). *Estudio de Métodos Diagrama Hombre-Máquina*. https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/541/19_estudio_de_metodos_-_diagrama_hombre-maquina.pdf
- Corporación Andina de Fomento. (2023). *Alianza CONAFIPS y CAF para la inclusión económica sostenible de las mipymes de Ecuador*.
- DP Pulveriser. (2022). *The DP Impact Pulveriser-IPR Classifier Mill*. <https://dppulveriser.com/backend/uploads/63014.pdf>
- ENEMDU. (2022). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo - ENEMDU*.
- Fondo Monetario Internacional. (2021). *Perspectivas y Políticas Mundiales*. 1, 1-15.
- García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (Segunda). McGrawHill. https://faabenavides.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/03/estudio-del-trabajo_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw_hill.pdf
- Gómez, R. D. (2021). Mejora de la productividad en la producción de calzado en la empresa "Facalsa" de la ciudad de Ambato, mediante la estandarización de tiempos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), 7798-7807. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.876
- González, H., & Escobar, C. (2021). Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos. *Naturaleza, Innovación y Tecnología*, 5(2), 119-134. <https://revistas.unicatolica.edu.co/revista/index.php/LumGent/article/view/361/207>
- INEC. (2020). *Registro Estadístico de Empresas (REEM)*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/directoriodeempresas/>
- Kanawaty, G. (1998). *Introducción al Estudio del Trabajo* (Cuarta). Oficina Internacional del Trabajo.
- Manobanda, R. V. (2019). *Estudio de tiempos y movimientos del proceso operativo de fabricación de ropa interior y su incidencia en la productividad de la empresa D'CRISTIAN MARYURI* [Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1135>
- Muñoz Choque, A. M. (2021). Estudio de tiempos y su relación con la productividad. *Revista Enfoques*, 5(17), 40-54. <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v5i17.104>
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Duodécima). McGraw Hill.

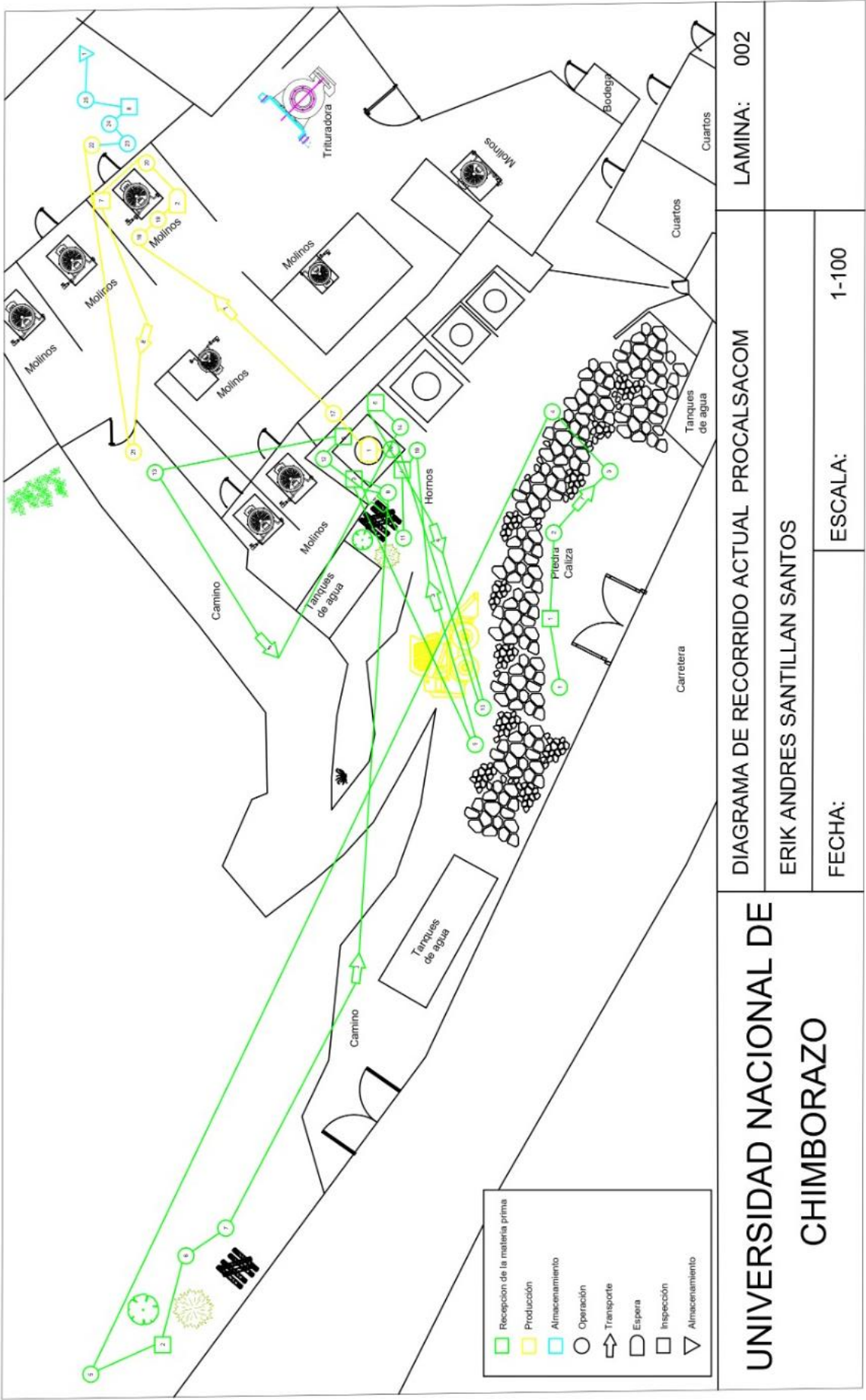
- Organización de las Naciones Unidas. (2022). *El potencial transformador de la innovación química*. ONU: Programa para el medio ambiente. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/el-potencial-transformador-de-la-innovacion-quimica>
- Palacios, A. (2009). *Ingeniería de Métodos: Movimientos y Tiempos* (Primera). Ecoe Ediciones. <https://fdiazca.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/06/ingeniericc81a-de-mecc81todos-movimientos-y-tiempos.pdf>
- Parra, D., Murrieta, F., & Cortes, C. (2020). *Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias (Analysis of times and motions in the steam production process from a company that generates clean energy)*. <https://orcid.org/0000-0001-5245-909X>
- Salvendy, G. (2001). *Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management*. John Wiley & Sons.
- Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management* (Thirteenth). McGraw-Hill Education

ANEXOS

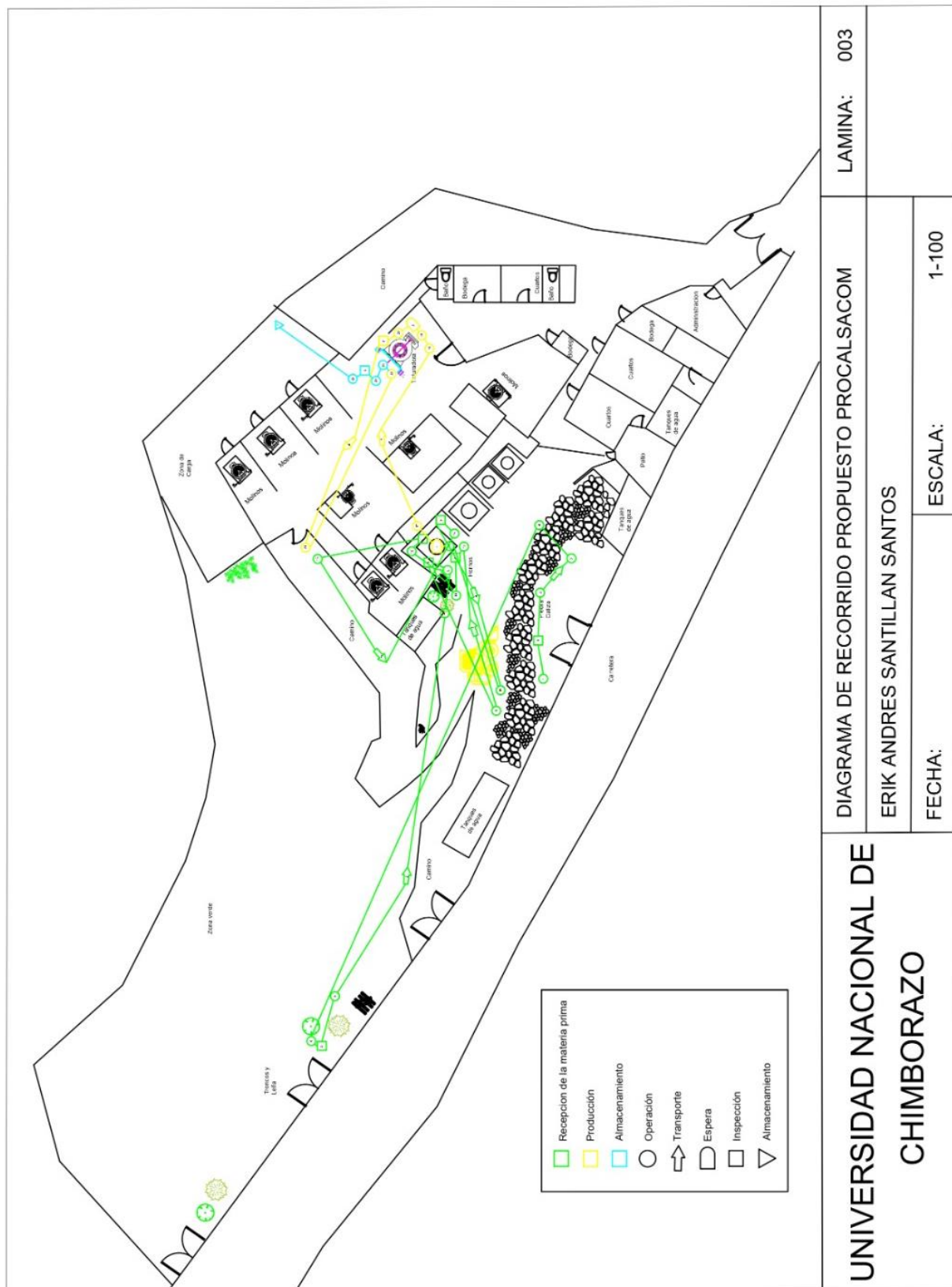
Anexo 1. Layout de la empresa



Anexo 2. Diagrama de recorrido actual



Anexo 3. Diagrama de recorrido propuesto



Anexo 4. Matriz de priorización

Parámetros de decisión.																	
Etapas del proceso	Peso	Reversibilidad		Costos		Calidad		Seguridad		Ambiente		Cuello de botella		SUMATORIA			
		Importancia	Ponderación	Importancia	Ponderación	Importancia	Ponderación	Importancia	Ponderación	Importancia	Ponderación	Importancia	Ponderación				
Recepción de piedra caliza	0,07	Baja	1,5	0,1050	Baja	1,5	0,105	Media	5	0,35	Baja	1,5	0,1050	Baja	0	0	0,77
Recepción de tronco y leña	0,04	Baja	1,5	0,0600	Baja	1,5	0,06	Media	5	0,2	Baja	1,5	0,0600	Baja	0	0	0,44
Triturado de piedra caliza	0,06	Media	6	0,3600	Media	6	0,36	Media	5	0,3	Baja	3	0,5100	Baja	6	0,36	2,07
Clasificación de tronco y leña	0,02	Baja	0	0,0000	Media	5	0,1	Baja	1,5	0,03	Baja	3	0,0600	Baja	1,5	0,03	0,25
Carga del horno	0,08	Baja	3	0,2400	Alta	7	0,56	Baja	1,5	0,12	Baja	1,5	0,6800	Baja	3	0,24	1,96
Calcinación	0,12	Alta	10	1,2000	Baja	1,5	0,18	Alta	7	0,84	Baja	3	0,3600	Alta	10	1,2	4,80
Extracción del producto	0,05	Baja	3	0,1500	Media	6	0,3	Baja	3	0,15	Media	5	0,2500	Baja	3	0,15	1,20
Enfriamiento	0,03	Baja	1,5	0,0450	Baja	0	0	Baja	0	0	Media	4	0,1200	Baja	1,5	0,045	0,36
Hidratación	0,08	Media	6	0,4800	Media	4	0,32	Media	6	0,48	Media	6	0,4800	Media	4	0,32	2,48
Molida	0,25	Media	4	1,0000	Media	5	1,25	Media	6	1,5	Media	4	1,0000	Media	5	1,25	7,25
Residuos de piedra	0,02	Media	5	0,1000	Baja	3	0,06	Media	4	0,08	Baja	3	0,0600	Baja	1,5	0,03	0,33
Producto terminado	0,02	Media	5	0,1000	Baja	1,5	0,03	Media	4	0,08	Baja	3	0,0600	Baja	1,5	0,03	0,30
Pesado de sacos	0,07	Baja	0	0,0000	Media	4	0,28	Baja	1,5	0,105	Media	4	0,2800	Baja	1,5	0,105	1,19
Cocida de sacos	0,07	Baja	0	0,0000	Media	4	0,28	Baja	1,5	0,105	Baja	1,5	0,1050	Baja	0	0	0,84
Producto final	0,02	Baja	0	0,0000	Baja	0	0	Media	6	0,12	Baja	1,5	0,0300	Baja	0	0	0,18

Anexo 5. Hoja de control de la etapa de triturado de piedra caliza.

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:01
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: TRITURADO DE PIEDRA CALIZA		Versión: 01
			Página 1 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

Nombre del trabajador:	
Cargo:	
Fecha:	
Turno:	

1. CONDICIONES DE VERIFICACIÓN PREVIA

Aspecto a verificar	Sí	No	Observaciones
Se revisó el instructivo correspondiente	☐	☐	
Área de trabajo limpia y despejada	☐	☐	
Herramientas y equipos disponibles y en buen estado	☐	☐	
El material presenta condiciones adecuadas (sin exceso de humedad o tierra)	☐	☐	
No se observan fluidos o sustancias externas (aceites, combustibles, lubricantes)	☐	☐	
Las piedras presentan tamaño manejable para la trituración inicial	☐	☐	

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:01
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: TRITURADO DE PIEDRA CALIZA		Versión: 01
			Página 2 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

2. REGISTRO DE INCIDENCIAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Hora	Descripción de la incidencia	Acción correctiva aplicada	Responsable

3. SUGERENCIAS DEL TRABAJADOR

Firma del trabajador: _____

Firma del supervisor: _____

Anexo 6. Hoja de Control de la Etapa de Cargado del Horno

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:02
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: CARGADO DEL HORNO		Versión: 01
			Página 1 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

Nombre del trabajador:	
Cargo:	
Fecha:	
Turno:	

1. CONDICIONES OBSERVADAS DURANTE EL TRASLADO Y COLOCACIÓN

Aspecto a verificar	Sí	No	Observaciones
El minicargador se encuentra en condiciones seguras de operación	☐	☐	
La piedra caliza recolectada está libre de contaminantes o fluidos extraños	☐	☐	
Los troncos y la leña se encuentran secos y en condiciones adecuadas para el horno	☐	☐	
El área de trabajo está despejada y libre de obstáculos	☐	☐	

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:02
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: CARGADO DEL HORNO		Versión: 01
			Página 2 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

2. REGISTRO DE INCIDENCIAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Hora	Descripción de la incidencia	Acción correctiva aplicada	Responsable

3. SUGERENCIAS DEL TRABAJADOR

Firma del trabajador: _____

Firma del supervisor: _____

Anexo 7. Hoja de Control de la Etapa de Calcinación

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:03
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: CALCINACIÓN		Versión: 01
			Página 1 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

Nombre del trabajador:	
Cargo:	
Fecha:	
Turno:	

1. CONDICIONES OBSERVADAS

Tiempos de calcinación	Inicia	Termina
Existe piedra que no se calcina correctamente	Si ☐	No ☐
Justique las razones:		

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:03
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: CALCINACIÓN		Versión: 01
			Página 2 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

2. REGISTRO DE INCIDENCIAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Hora	Descripción de la incidencia	Acción correctiva aplicada	Responsable

3.SUGERENCIAS DEL TRABAJADOR

Firma del trabajador: _____

Firma del supervisor: _____

Anexo 8. Hoja de control de la etapa de extracción del producto

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:04
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: EXTRACCIÓN DEL PRODUCTO		Versión: 01
			Página 1 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

Nombre del trabajador:	
Cargo:	
Fecha:	
Turno:	

1. CONDICIONES DE VERIFICACIÓN PREVIA

Aspecto a verificar	Sí	No	Observaciones
Se revisó el instructivo correspondiente	☐	☐	
Área de trabajo limpia y despejada	☐	☐	
Herramientas y equipos disponibles y en buen estado	☐	☐	
Todo el material se encuentra calcinado	☐	☐	

2. REGISTRO DE INCIDENCIAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Hora	Descripción de la incidencia	Acción correctiva aplicada	Responsable

3.SUGERENCIAS DEL TRABAJADOR

Firma del trabajador: _____

Firma del supervisor: _____

Anexo 9. Hoja de control de la etapa de hidratación

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L	Código: FRC:05
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: HIDRATACIÓN	Versión: 01
		Página 1 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025

Nombre del trabajador:	
Cargo:	
Fecha:	
Turno:	

1. CONDICIONES DE VERIFICACIÓN PREVIA

Aspecto a verificar	Sí	No	Observaciones
Se revisó el instructivo correspondiente	☐	☐	
Área de trabajo limpia y despejada	☐	☐	
La cal calcinada se encuentra en el lugar asignado para la operación	☐	☐	
Se ha verificado la proporción de agua a utilizar según lo establecido.	☐	☐	

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:05
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: HIDRATACIÓN		Versión: 01
			Página 2 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

2. REGISTRO DE INCIDENCIAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Hora	Descripción de la incidencia	Acción correctiva aplicada	Responsable

3.SUGERENCIAS DEL TRABAJADOR

Firma del trabajador: _____

Firma del supervisor: _____

Anexo 10. Hoja de control de la etapa de molida

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:06
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: MOLIDA		Versión: 01
			Página 1 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

Nombre del trabajador:	
Cargo:	
Fecha:	
Turno:	

1. CONDICIONES DE VERIFICACIÓN PREVIA

Aspecto a verificar	Sí	No	Observaciones
1. Material hidratado y en condición adecuada para moler.	☐	☐	
2. Equipos de protección personal (casco, guantes, gafas, mascarilla) disponibles y en buen estado.	☐	☐	
3. Molino inspeccionado visualmente, sin daños visibles.	☐	☐	
4. Interruptores y botones de emergencia del molino funcionan correctamente.	☐	☐	
5. Palas y herramientas de carga disponibles y en buen estado.	☐	☐	
6. Área de trabajo limpia y libre de obstáculos.	☐	☐	
7. Sistema de ventilación/extracción operativa (si aplica).	☐	☐	
8. Operario capacitado asignado y consciente de los procedimientos de seguridad.	☐	☐	

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:06
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: MOLIDA		Versión: 01
			Página 2 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

2. REGISTRO DE INCIDENCIAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Hora	Descripción de la incidencia	Acción correctiva aplicada	Responsable

3.SUGERENCIAS DEL TRABAJADOR

Firma del trabajador: _____

Firma del supervisor: _____

Anexo 11. Hoja de control de la etapa de pesado de sacos

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:06
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: PESADO DE SACOS		Versión: 01
			Página 1 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

Nombre del trabajador:	
Cargo:	
Fecha:	
Turno:	

1. CONDICIONES DE VERIFICACIÓN PREVIA

Aspecto a verificar	Sí	No	Observaciones
1. Sacos de 25 kg disponibles y en buen estado.	☐	☐	
2. Molino preparado y listo para suministrar el material.	☐	☐	
3. Palas y equipos de carga listos y en buen estado.	☐	☐	
4. Área de carga limpia y libre de obstáculos.	☐	☐	
5. Balanza/pesa calibrada y funcionando correctamente.	☐	☐	
6. Procedimiento de carga y llenado comprendido por el operario.	☐	☐	
7. Operario con equipo de protección personal completo (guantes, mascarilla, gafas, casco).	☐	☐	
8. Operario capacitado asignado y consciente de los procedimientos de seguridad.	☐	☐	

PROCALSACOM	PRODUCTOS CALCÁREOS SANTOS PROCALSACOM C. L		Código: FRC:06
	FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL – ETAPA: PESADO DE SACOS		Versión: 01
			Página 2 de 2
Elaboró: Erik Santillán	Revisó: Tutor Académico	Fecha de elaboración: 25/10/2025	

2. REGISTRO DE INCIDENCIAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Hora	Descripción de la incidencia	Acción correctiva aplicada	Responsable

3.SUGERENCIAS DEL TRABAJADOR

Firma del trabajador: _____

Firma del supervisor: _____