



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PLAN DE MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS EN UNA EMPRESA
MANUFACTURERA DE PRODUCTO CALIZO**

Oscar Andrés Herrera Pérez

Asesorado por la Inga. Karla Sohayda Marroquín

Guatemala, julio de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS EN UNA EMPRESA
MANUFACTURERA DE PRODUCTO CALIZO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OSCAR ANDRÉS HERRERA PÉREZ

ASESORADO POR LA INGA. KARLA SOHAYDA MARROQUÍN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández
EXAMINADOR	Ing. Luis Pedro Ortiz de León
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PLAN DE MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PRODUCTO CALIZO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 27 de septiembre de 2018.

Oscar Andrés Herrera Pérez

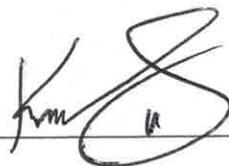
Guatemala, febrero 2021

Ingeniero César Ernesto Urquizu Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Urquizu:

Por medio de la presente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que como asesor del estudiante universitario: **Oscar Andrés Herrera Pérez** con registro académico No. 201314605, No. De DPI 2712444290101, de la carrera: **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, he tenido a la vista el trabajo de graduación titulado: : **“PLAN DE MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PRODUCTO CALIZO”** el cual encuentro satisfactorio.

Sin otro particular,



Ingeniera Karla Sohayda Marroquín
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8675



Karla Marroquín
INGENIERA INDUSTRIAL
COLEGIADA No. 8675



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.013.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PLAN DE MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS INÓRGANICOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PRODUCTO CALIZO**, presentado por el estudiante universitario **Oscar Andrés Herrera Pérez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Guillermo Federico Mijangos Martínez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 15692

Ing. Guillermo Federico Mijangos Martínez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero del 2021.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.053.021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PLAN DE MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PRODUCTO CALIZO**, presentado por el estudiante universitario **Oscar Andrés Herrera Pérez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, junio de 2021.
/mgp

DTG. 276.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PRODUCTO CALIZO**, presentado por el estudiante universitario: **Oscar Andrés Herrera Pérez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, julio 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser el pilar de mi familia y por guiarme a lo largo de mi vida.
Mis padres	Oscar Rene Herrera Muralles y Marta Claribel Pérez Canales por su apoyo incondicional y por ser mi ejemplo a seguir.
Mis hermanas	Carmen Carolina y Claribel Paola Herrera Pérez por su amor y cariño.
Mi novia	Jessica Decire Mejía Méndez, por su apoyo en esta recta final de mi carrera y sobre todo por su amor.
Mis tías	Vilma Herrera (q. e. p. d.), Karla Marroquín y María Cristina del Socorro Canales.
Mis amigos	Favio Sagastume, Juan Carlos Ruano Flores, Dennis Morales Ortiz, Mindy Ortiz de León, Víctor Sagastume, Alfredo Escriba Flores a quienes considero parte de mi familia.
Mi madrina	Verónica Soto (q. e. p. d.), por el cariño mostrado durante a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de formar parte de los excelentes profesionales que egresan de esta casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para ser un profesional con ética y valores.
Amigos de la familia	A la familia Sagastume Ruano quienes me hicieron sentir parte de su familia con su apoyo y cariño.
Mi asesora	Inga. Karla Sohayda Marroquín por su apoyo en el trabajo de graduación compartiendo su conocimiento.
Empresa	Caleras del Sur, por permitir realizar mi trabajo de graduación y brindarme toda la información necesaria para finalizarlo con éxito.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Inicios de la empresa en Guatemala	1
1.2. Información general	2
1.2.1. Ubicación	2
1.2.2. Misión.....	3
1.2.3. Visión	4
1.2.4. Política General	4
1.3. Tipo de organización.....	4
1.3.1. Organigrama	5
1.3.2. Descripción de puestos	5
1.3.3. Segmento de mercado	7
1.4. Planeamiento de la distribución interna y del manejo de materiales.....	7
1.4.1. Cuello de botella	8
1.4.2. Tiempo de ocio	9
1.4.3. Eficiencia.....	10
1.4.4. Diagrama de operaciones.....	10
1.4.5. Diagrama de flujo.....	11

1.4.6.	Diagrama de recorrido	12
1.5.	Distribuciones de planta	14
1.5.1.	Distribución de acuerdo al proceso	14
1.5.2.	Distribución de acuerdo al producto	14
2.	SITUACIÓN ACTUAL	17
2.1.	Descripción del producto	17
2.1.1.	Proceso de la cal	17
2.1.2.	Piedra caliza	19
2.1.3.	Tipos de cal	19
2.1.4.	Presentación de empaques	20
2.2.	Materia prima	20
2.2.1.	Piedra caliza	20
2.2.2.	Aserrín	21
2.2.3.	Cascabillo de café	21
2.2.4.	Agua potable.....	21
2.3.	Descripción del equipo	21
2.3.1.	Maquinaria	22
2.3.2.	Herramientas	22
2.4.	Descripción del proceso por Área	23
2.4.1.	Almacenamiento de piedra caliza	23
2.4.2.	Selección de piedra caliza	23
2.4.3.	Calcinado	24
2.4.4.	Hidratación.....	24
2.4.5.	Triturado.....	24
2.4.6.	Empaquetado	24
2.4.7.	Distribución y logística	25
2.5.	Salud y seguridad ocupacional.....	25
2.5.1.	Seguridad en la planta.....	25

2.5.2.	Seguridad de los operarios.....	25
2.6.	Análisis de desempeño.....	26
2.6.1.	Estándares.....	26
2.6.2.	Factores que afectan la producción	26
2.7.	Implicaciones ambientales.....	27
2.7.1.	Legislación del Ministerio de medio ambiente y recursos naturales	27
2.7.2.	Política de producción más limpia	29
3.	PROPUESTA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS INORGANICOS.....	31
3.1.	Diseño del proceso	31
3.1.1.	Extracción de residuos	32
3.1.2.	Clasificación de residuos.....	32
3.1.2.1.	Clasificación de merma	32
3.1.2.2.	Clasificación de plástico	33
3.1.3.	Selección de residuos.....	34
3.1.3.1.	Análisis de calidad.....	36
3.1.4.	Trituración de residuos	37
3.1.4.1.	Pulverización de la merma	38
3.1.4.2.	Trituración de plástico	38
3.1.5.	Lavado	40
3.1.6.	Secado.....	40
3.1.7.	Agregación de aditivos	41
3.1.8.	Traslado al área de reprocesamiento.....	41
3.2.	Diseño del entorno.....	41
3.2.1.	Iluminación.....	42
3.2.2.	Ventilación	45
3.2.3.	Temperatura	46
3.2.4.	Señalización de riesgos.....	47

3.2.5.	Rutas de evacuación	50
3.3.	Costos de reproceso.....	51
3.3.1.	Insumos	52
3.3.2.	Mano de obra.....	53
3.4.	Mantenimiento de equipo	53
3.4.1.	Preventivo.....	54
3.4.2.	Correctivo	57
4.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	59
4.1.	Diagnóstico de áreas involucradas.....	59
4.1.1.	Hidratación.....	59
4.1.2.	Empaquetado	59
4.1.3.	Bodega de producto terminado	61
4.2.	Manejo de materiales	62
4.3.	Clasificación de materiales.....	63
4.4.	Selección de materiales.....	65
4.4.1.	Desinfectar los materiales	65
4.4.2.	Análisis de calidad	65
4.5.	Traslado de materiales	66
4.6.	Reproceso de materiales.....	66
4.6.1.	Materia recolectada	66
4.6.2.	Agregación de agentes aditivos	68
4.6.3.	Producto terminado	69
4.7.	Logística en el proceso por Área.....	69
4.7.1.	Depósito de residuos.....	70
4.7.2.	Recolección de residuos	70
4.7.3.	Materia prima.....	72
4.7.4.	Señalización	73
4.8.	Eficiencia de Materia Prima	73

4.9.	Disminución de la merma	74
4.10.	Análisis económico	75
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA.....	79
5.1.	Resultados obtenidos	79
5.1.1.	Interpretación.....	84
5.1.2.	Aplicación.....	84
5.2.	Ventajas y beneficios	85
5.3.	Acciones correctivas	86
5.4.	Control de calidad	89
5.4.1.	Auditorías internas.....	89
5.4.2.	Auditorías externas.....	91
5.5.	Optimización del proceso.....	93
	CONCLUSIONES.....	95
	RECOMENDACIONES.....	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	APENDICE.....	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la empresa	3
2.	Organigrama Caleras del Sur	5
3.	Diagrama de operaciones.....	11
4.	Diagrama de flujo.....	12
5.	Diagrama de recorrido	13
6.	Cal viva	18
7.	Perfil de una cava	33
8.	Selección de residuo	35
9.	Malla	36
10.	Gavión	37
11.	Distribución del centro de acopio	39
12.	Cálculo de luminarias	43
13.	Ubicación de luminarias.....	44
14.	Iluminación.....	45
15.	Señales informativas de minería	48
16.	Señales de advertencia para minería.....	48
17.	Señales de prohibición para minería	49
18.	Señales obligatorias para minería	49
19.	Señales contra incendio minería	50
20.	Rutas de evacuación	51
21.	Bitácora de mantenimiento de equipo general.....	57
22.	Hoja de registro de mantenimiento correctivo	58
23.	Red de distribución de pozos de agua	59

24.	Área de empaque	60
25.	Área de bodega	61
26.	Carga de Tráiler con sacos de cal hidratada.....	62
27.	Separación de producto	64
28.	Materia prima acondicionada	67
29.	Área de exploración y explotación.....	68
30.	Diagrama de ingreso de residuos a bodega	70
31.	Distribución de bodega.....	71
32.	Colocación de materia prima.....	72
33.	Registro de uso y merma.....	74
34.	Calificación por nivelación Sistema <i>Westinghouse</i>	82
35.	Cronograma de actividades de la propuesta.....	84
36.	Ciclo consumo de cartón reciclado, días versus kilogramos consumidos.....	86
37.	Formulario de ingreso de desechos	88
38.	Formulario de salida de desechos del centro de acopio.....	88

TABLAS

I.	Proceso de ingreso a centro de acopio.....	38
II.	Valor límite de gas	46
III.	Tiempo de permanencia según la temperatura efectiva	47
IV.	Costo de reproceso	52
V.	Costo insumo.....	52
VI.	Nomenclatura mantenimiento preventivo.....	54
VII.	Mantenimiento de compresores	55
VIII.	Mantenimiento excavadora	56
IX.	Composición química cal hidratada.....	69
X.	Análisis económico	76

XI.	Retorno de inversión.....	77
XII.	Tabla <i>Westinghouse</i>	81
XIII.	Tiempo de operación del diseño en base al método <i>Westinghouse</i>	83
XIV.	Tolerancias o concesiones para determinar tiempos estándares.....	83
XV.	Demanda de cartón reciclado.....	85
XVI.	Proceso de ingreso a centro de acopio.....	87
XVII.	Auditoría interna.....	89
XVIII.	Hoja de control para auditoría.....	92

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
F	Fuerza
m	Metro
mm	Milímetro
N	Newtons
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Almacenamiento	Acción de acumular, ordenar materiales, productos o insumos.
Beneficio económico	Utilidad obtenida a cambio de una actividad o trabajo realizado.
Calidad	Característica que identifica y diferencia a un objeto, se mide por la satisfacción del cliente.
Diseñar	Proceso de elaboración del machote de un producto a base de especificaciones técnicas y necesidades de su utilización.
Empresa comercial	Sociedad que se dedica a la comercialización y distribución de productos o servicios con el fin de obtener un beneficio comercial.
Empresa industrial	Entidad destinada al proceso de fabricación o elaboración de productos de diferente índole para su comercialización.
Estándares de calidad	Conjunto de características o parámetros que le dan valor al producto o servicio.

Fabricación	Proceso de elaborar o transformar la materia prima en un objeto de uso industrial y doméstico.
Impacto ambiental	Daño efectuado al medio ambiente, flora y fauna, el que desequilibra el ecosistema.
Mano de obra	Recurso humano destinado a la elaboración de productos.
Medio ambiente	Estado en el cual los seres vivos interactúan
Residuo	Generación de desperdicio de un producto.

RESUMEN

Debido a que las prácticas de manufactura no son las más adecuadas y exactas en la planta de producción y empaquetado de producto calizo como lo es la cal (CaO), se genera una excesiva cantidad de desechos inorgánicos los cuales generan pérdidas económicas ya que no se aprovecha efectivamente la materia prima y la mano de obra. En el Proceso podemos encontrar principalmente plástico y residuos de cal, los cuales en su mayoría conservan en gran porcentaje sus propiedades físicas y químicas las cuales hacen que estos residuos califiquen para su reutilización. Por esto es de suma importancia tener un plan de acción que permita manejar y recuperar toda la materia prima posible para un reproceso y aumentar los índices de efectividad.

El no aprovechar todos los residuos que obtienen del proceso generan pérdidas ya que tienen costos de materia prima y mano de obra, es por esto que la aplicación de la propuesta aumentaría la eficiencia en el área de producción aportando a la economía de la empresa como amigable con el medio ambiente ya que el control de residuos ayudara a reducir la contaminación y a crear una conciencia ecológica.

OBJETIVOS

General

Realizar un plan de manejo y distribución de los residuos inorgánicos generados en la manufactura de producto calizo, bajo estándares de calidad puestos por la empresa con el propósito de maximizar los recursos.

Específicos

1. Elaborar un diagnóstico de la problemática del manejo de los residuos y su adecuada reutilización para identificar las oportunidades y riesgos del proyecto.
2. Recuperar mediante reciclaje manual y mecánico los residuos inorgánicos generados en el área de empaquetado de sacos de cal.
3. Realizar un estudio económico analizando como la propuesta del manejo de residuos reciclables contribuirá en pro del desarrollo.
4. Mejorar la eficiencia del proceso y lograr reducir los costos de producción.
5. Disminuir la merma generada en las líneas de producción de producto calizo.
6. Calcular las pérdidas generadas por el exceso de merma basada en la información de los registros de la empresa.

7. Incrementar los índices de aprovechamiento de materia prima en las áreas de producción.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la empresa Caleras del Sur, S.A. se dedica a la fabricación y empaque de producto calizo, sin embargo, cuentan con la problemática de la acumulación excesiva de residuos inorgánicos que se obtiene de la manufactura de sus productos.

Por lo mismo se propone un plan de acción donde se clasifiquen, limpien y reprocesen los desechos generados en el área de producción y empaquetado que aun cuentan con propiedades físicas y químicas necesarias para su adecuada reutilización. La propuesta contribuirá al uso eficiente de materia prima ya que reducirá en un cierto porcentaje los residuos plásticos y la merma que genera el proceso.

En la actualidad es de suma importancia el manejo y control adecuado de los residuos inorgánicos representando uno de los problemas de contaminación más comunes, al no existir una disposición adecuada de los desechos e igualmente una mínima reutilización de los mismos pues nos conformamos únicamente con desecharlos y esperar que las empresas dedicadas a la recolección de basura lo recolecten sin pensar en los daños que provocan.

1. ANTECEDENTES

1.1. Inicios de la empresa en Guatemala

Es una empresa que se especializa en la producción y distribución de producto calizo que fue fundada el 6 de mayo de mil novecientos ochenta y tres, está ubicada en el Km. 10,5 Ruta al Atlántico Zona 17, Ciudad de Guatemala, la empresa inició sus labores con un horno y cinco empleados, la cal es el resultado de la cocción de piedra caliza a altas temperaturas este proceso se realiza en los denominados hornos.

Caleras del Sur en sus inicios se dedicaba solo a la venta de cal en terrón la cual se empacaba en costales plásticos y se vendía por quintal, luego debido al volumen de ventas y demanda de los clientes fue necesario ampliar con la construcción de tres hornos más y en la actualidad se cuenta con cuatro hornos con capacidad de producción de 5 500 quintales semanales cada uno, funcionando simultáneamente las veinticuatro horas del día por 6 días a la semana. Al reconocer la oportunidad y las diversas necesidades que exige el mercado de este producto fue necesario implementar un proceso adicional para satisfacer la demanda de cal hidratada, adquiriendo maquinaria especial para este proceso.

Hoy en día es una prestigiosa empresa a nivel nacional, que cuenta con los productos de cal en sus tres presentaciones cal en terrón, cal hidratada y cal refinada.- La materia prima para la producción es: piedra caliza, esta se extrae de la “Cantera El Rodeo, S.A.” ubicada en la ciudad capital, aserrín que es el principal material de combustión lo traen los fleteros de El Rancho, El Progreso,

cascabillo (cáscara de café) también material de combustión traída de beneficios de café de Guatemala, y bolsa de papel fabricada en Guatemala.

Para la elaboración de este producto es necesario contar con los siguientes recursos: hornos hechos directamente en el suelo los cuales están recubiertos de ladrillo y piedra malpaís, adheridos con una mezcla de arcilla, cal y cemento en el contorno, motores diésel para mantener el fuego a una temperatura uniforme y agua potable. La empresa actualmente cuenta con 35 empleados y 36 años de experiencia en la manufactura de cal viva y cal hidratada.

1.2. Información general

La información general de la empresa “Caleras del Sur” fue brindada por la Dirección General de la empresa, conformada por una serie de datos ya validados y ordenados.

1.2.1. Ubicación

La empresa está ubicada en el Km. 10,5 Ruta al Atlántico zona 17, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Figura 1. **Ubicación de la empresa**



Fuente: Google maps. *Ubicación*. <https://maps.google.com.gt>. Consulta: 15 de junio de 2019

1.2.2. **Misión**

Producir cal de buena calidad y peso exacto valorando siempre a nuestros clientes y al medio ambiente y así contribuir al desarrollo y mejoramiento de nuestro país.

1.2.3. Visión

Ser una empresa con bases sólidas en Guatemala y ocupar un segmento importante del mercado de venta de cal en todos los departamentos de Guatemala ofreciendo nuestros productos y servicios de alta calidad. Basados en una atención personalizada y especializada a nuestro cliente.

1.2.4. Política General

Caleras del Sur, es una empresa dedicada a la fabricación y venta de cal que considera que la seguridad y salud de las personas, la calidad y el cuidado del medio ambiente son compromisos prioritarios y esenciales en su estrategia y actividades diarias. Los valores de “Caleras del Sur” son principios que permiten orientar el comportamiento de los colaboradores en sus labores diarias y que día a día han adquirido en la empresa.

- Honestidad
- Colaboración
- Respeto
- Unidad
- Tolerancia
- Honradez
- Puntualidad

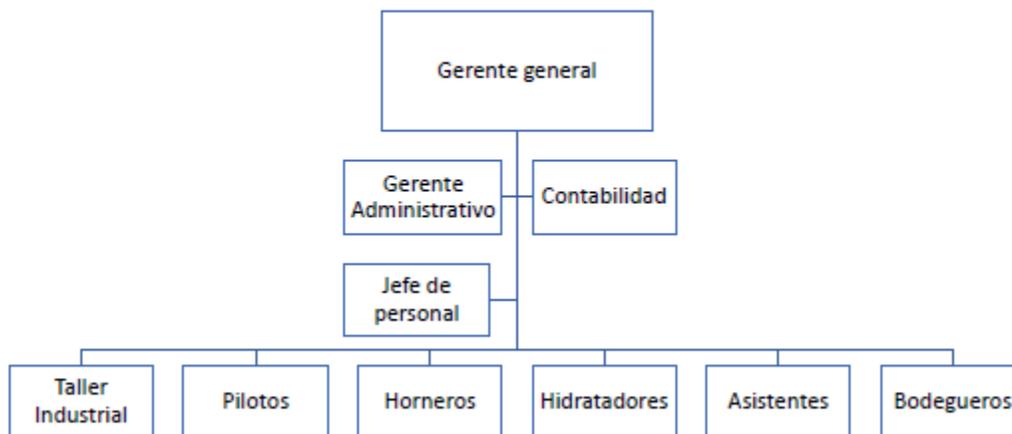
1.3. Tipo de organización

La organización está conformada por una estructura diseñada para que los recursos humanos y financieros trabajen entre sí y logren los objetivos de la organización.

1.3.1. Organigrama

Se presenta el organigrama de la empresa en estudio.

Figura 2. **Organigrama Caleras del Sur**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

1.3.2. Descripción de puestos

Recurso humano por el cual la empresa funciona.

- Gerente General: se tiene la participación directa del Gerente General, quien gestiona y dirige las actividades de relaciones con los clientes actuales y potenciales. La aportación de un Gerente General quien funge como responsable de las actividades empresariales y administrativas.

- Contadora: llevar los registros contables de la empresa de compras, ventas, y planillas, llevar informes estadísticos sobre compras y ventas y rendir informes a gerencia sobre los mismos presentar los balances de estado de cuentas en cada ejercicio contable.
- Departamento de Personal: acatar las instrucciones que reciba de la Gerencia General, controlar al personal que tiene a su cargo para que realice las tareas de acuerdo a las instrucciones que han recibido, velar porque el trabajo se realice en forma normal y dar aviso de cualquier anomalía que detecte en el personal que tiene a su cargo, supervisar la asistencia y puntualidad de personal.
- Taller Industrial: revisar y reparar la maquinaria de la empresa, solicitar la compra de insumos, repuestos y demás accesorios necesarios para que la maquinaria trabaje de manera eficiente.
- Horneros: encargados de llenar los hornos de materia prima, controlar el abastecimiento de materiales de combustión que necesite el horno en funcionamiento.
- Hidratadores de cal: envasar el producto en condiciones que su peso sea el establecido en el etiquetado, estibar el producto envasado en forma adecuada, reportar anomalías que se presenten en la maquinaria en la cual realizan su labor, contemplar la sobreproducción del producto cuando la empresa se encuentre comprometida con el cliente.
- Asistentes: extraer producto calcinado de los hornos, pesar el producto de acuerdo al peso que se le indique, hidratar el producto

que reúna las condiciones necesarias para proseguir su proceso, hacer llegar el producto hidratado al proceso envasado, cargar el producto a los camiones que requieran los clientes, cargar y descargar el producto que la empresa necesite movilizar en sus instalaciones o fuera de ellas.

- Piloto: transportar el producto terminado producido en la empresa según se necesite, mantener en perfectas condiciones de funcionamiento el vehículo que tiene bajo su responsabilidad.
- Bodegueros: trasladar el producto terminado del área de empaque a la bodega de producto terminado para su despacho al área de carga de camiones y ser llevadas a su lugar de destino

1.3.3. Segmento de mercado

La estrategia para lograr nuestra misión consiste en enfocarse en clientes potenciales a los cuales el consumo de los productos calizos sea constante y en gran cantidad para cubrir todos los campos posibles.

1.3.4. Planeamiento de la distribución interna y del manejo de materiales

En los ítems siguientes se describe la distribución interna y el manejo de materiales.

1.3.5. Cuello de botella

En la línea de producción de cal en su mayoría los cuellos de botella se encuentran en la segregación del material que tiene que quedar retenido porque no cumple con los estándares de calidad para continuar el proceso, esto hace el que la actividad siguiente tenga un tiempo de espera lo cual genera un atraso en toda la cadena productiva.

Los principales motivos que generan un cuello de botella son:

- Falta de materiales: un proceso de producción efectivo requiere que la planificación de los materiales sea puntual. Es indispensable que se lleve un buen control de inventario, calcular los niveles de reorden para abastecer a totalidad las líneas de producción y evitar que el proceso se atrase y genere más costos que los previstos.
- Personal mal preparado: contar con personal altamente capacitado y técnicos expertos en las diferentes áreas es de suma importancia para que el proceso de producción sea fluido, por otra parte colocar un a una persona sin conocimiento puede generar atrasos y accidentes en el área laboral.
- Falta de almacenes: en su mayoría de veces la capacidad de las bodegas es sobrepasado por la cantidad de producto en proceso o materia prima, por lo que se recomienda darle una rotación al inventario, colocar el material a utilizar cerca del área productiva para no generar un cuello de botella por una falta de material.

- **Desinterés administrativo:** el personal administrativo debe llevar una bitácora de todas las fallas ocurridas para encontrar la causa raíz y eliminar el defecto, de lo contrario el problema será recurrente y no habrá mejora continua y los paros por la falta de seguimiento generarían atrasos y un alza en los costos de producción.

1.3.6. Tiempo de ocio.

El ocio es la fracción de tiempo que pasa una máquina o trabajador sin ninguna actividad al momento de que se esté manufacturando el producto. Podemos tener diferentes líneas de investigación para analizar las posibles causas del tiempo de ocio en las áreas de trabajo, para el cálculo del tiempo de ocio de las máquinas se utiliza el estudio del diagrama hombre máquina para analizar el tiempo el cual el operador puede realizar una tarea paralela y aprovechar todo el tiempo posible.

El diagrama refleja la relación de tiempo entre las actividades del operador y el funcionamiento de la máquina. Este análisis nos lleva al aprovechamiento del tiempo del operador en el cual se pueden adelantar trabajos y reducir los paros de máquina.

El análisis de los tiempos de ocio en la industria tanto para el hombre y la máquina son de suma importancia ya que se puede tomar para realizar una corrección o ajuste en el área de trabajo y mejorar la productividad, siempre y cuando estos no sean tan prolongados.

1.3.7. Eficiencia

En el tema de producción la eficiencia se refiere al cumplimiento de una función sin importar la cantidad de recursos utilizados para conseguirlos.

Existen diferentes métodos para medir la eficiencia de una empresa, los más utilizados son los siguientes:

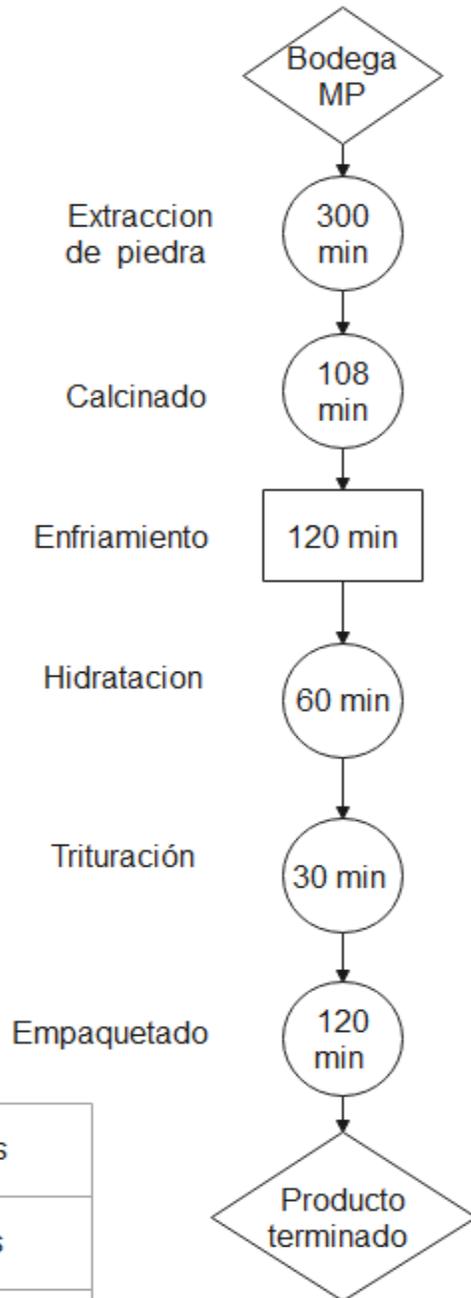
- Productividad parcial. se realiza un análisis para calcular la capacidad de producción de una empresa en relaciona un factor en especial. Es decir, la eficiencia es mayor si se fabrican más productos con la menor cantidad de materiales.
- Productividad total. En este caso se utilizan varios factores por lo que es necesario realizar un cálculo de la productividad individual y determinar si el proceso es eficiente técnicamente o no.

1.3.8. Diagrama de operaciones

Se presenta el diagrama de operaciones del proceso de producción de la empresa en estudio.

Figura 3. Diagrama de operaciones

Empresa de manufactura de producto calizo	Hoja: 1/1
Departamento: Producción	Fecha: Mayo 2020
Realizado por: Oscar Herrera	Metodo: Actual
Inicio: Area de Extracción	Finaliza: Bodega Producto terminado



Resumen	
Op	609 minutos
□	120 minutos
◇	Bodega

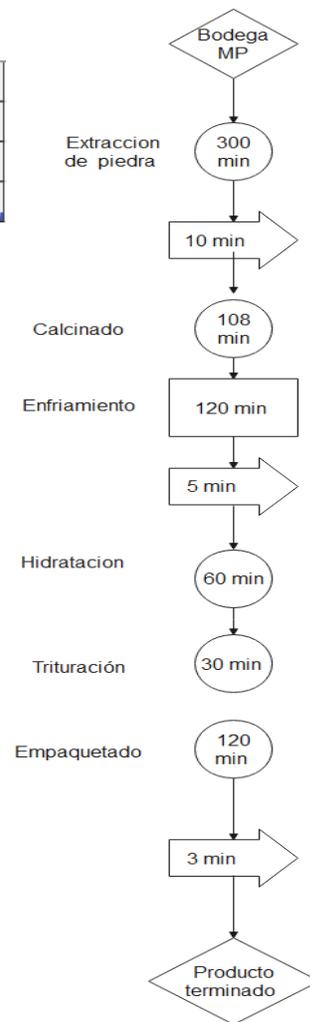
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Viso.

1.3.9. Diagrama de flujo

Se presenta el diagrama de flujo del proceso

Figura 4. Diagrama de flujo

Empresa de manufactura de producto calizo	Hoja: 1/1
Departamento: Producción	Fecha: Mayo 2020
Realizado por: Oscar Herrera	Metodo: Actual
Inicio: Area de Extracción	Finaliza: Bodega Producto terminado



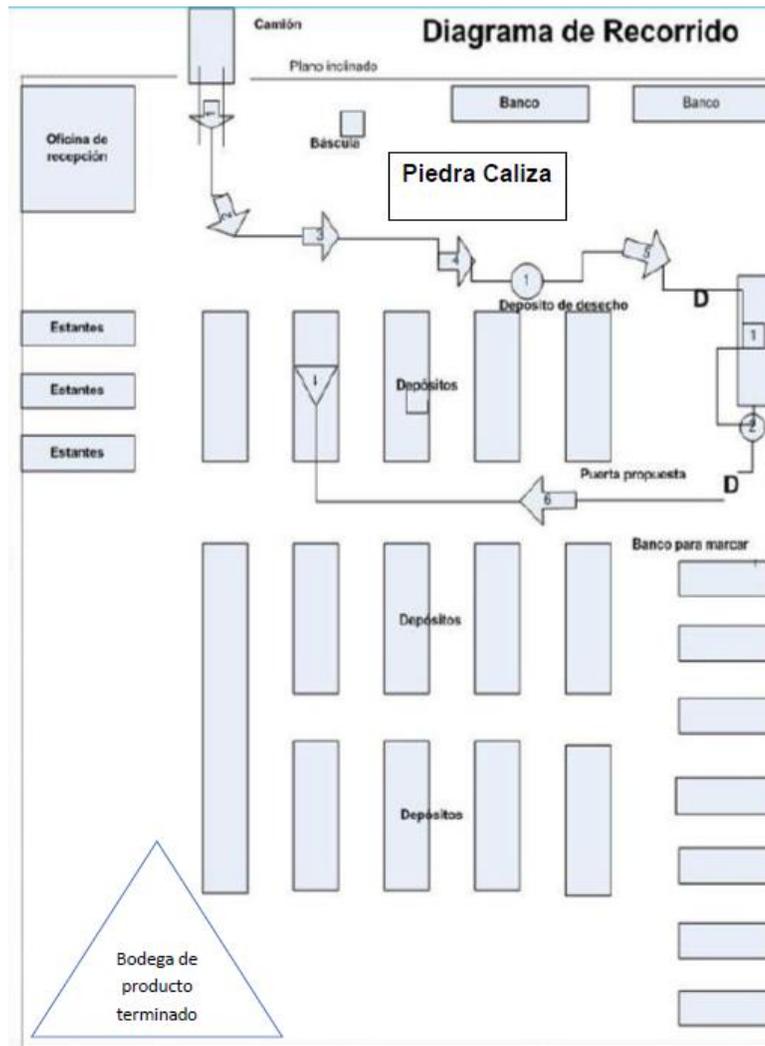
Resumen	
Operacion	609 minutos
Inspeccion	120 minutos
Trasporte	18 minutos
Almacenamiento	Bodega

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

1.3.10. Diagrama de recorrido

Se presenta el diagrama de recorrido del proceso de producción.

Figura 5. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

1.4. Distribuciones de planta

Se busca una distribución eficiente para aprovechar todos los recursos de la planta para reducir los tiempos de transporte y así el proceso sea mucho más productivo, se dé una mejor utilización del recurso humano y de las estaciones de trabajo para no generar atrasos o reprocesos por la industria se define que el tipo de distribución que más favorece a la planta es el de producto.

- Ahorro de energía y combustible, el equipo que se dedica al abastecimiento de material dentro de la planta.
- Reduce el número de recorridos.
- Se tiene un mejor control del proceso.
- Reducir los costes de fabricación. En esta situación el costo de mano de obra aumenta cuando la carga es alta pero comparado a los gastos de distribución disminuye cuando hacemos una distribución por producto es notable el beneficio que obtenemos.

1.4.1. Distribución de acuerdo al proceso

El producto genera un flujo de acuerdo con la secuencia de operaciones establecida para su fabricación, ya que una parte se traslada de un lugar a otro y se acomoda de acuerdo a la capacidad de la planta.

1.4.2. Distribución de acuerdo al producto

Se caracteriza por localizar las áreas productivas acorde al producto y se trata de colocar las actividades de forma secuencial. Las máquinas se colocan de manera ordenada de acuerdo a las necesidades así el producto sigue un orden establecido recorriendo la línea de producción de un puesto a otro de modo que

se reduzcan o eliminen por completo los movimientos innecesarios. El flujo de trabajo con esta distribución suele ser el más eficiente cuando el producto que se fabrica es pesado.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción del producto

Se presenta una descripción del producto y su fabricación.

2.1.1. Proceso de la cal

La Cal es uno de los productos básicos que resulta de la calcinación de piedra caliza, proceso del que se obtiene la cal viva, la cual después de agregarle agua se convierte en cal hidratada.

- Explotación de la mina de piedra caliza.
- La piedra caliza es seleccionada de acuerdo a su tamaño siendo trasladada a los hornos donde pasa el proceso de calcinación.
- En el proceso de calcinación, la piedra se convierte en cal viva.
- Para elaborar la cal hidratada, dicha piedra al salir del horno es trasladada al proceso de hidratación en el que se le agrega agua para obtener hidróxido de calcio o como es llamada en el mercado cal hidratada.

La cal viva se caracteriza por su variedad de aplicaciones en la industria, por ejemplo: neutralizante, fundente, secante, cementante, absorbente, precipitante, desinfectante, impermeabilizante y como materia prima.

- Cal viva: se comercializa en terrones, que son fracciones grandes de la piedra, que a la hora de aplicarle agua es altamente reactiva, este proceso

es llamado hidratación. De hecho, tiende a absorber el vapor de agua presente en el ambiente si no es almacenada cuidadosamente.

Figura 6. **Cal viva**



Fuente: elaboración propia, Área de calcinado.

Cal hidratada: se obtiene de un proceso donde la cal viva es trasladada al área de hidratación donde se le aplica agua. De esta forma los terrones o fracciones de cal viva, al hidratarse completamente se transforman en el polvo fino que conocemos como cal hidratada que es la que actualmente es la de mayor demanda en el mercado.

2.1.2. Piedra caliza

La piedra caliza es cortada en diferentes formas y tamaños para su aplicación en la construcción de muros, monumentos y la formación de concreto.

Para llegar al tamaño ideal y esta sea trabajada para cal hidratada debe pasar por un proceso de trituración, el cual está formado de tres etapas las cuales son compresión, hidratación y abrasión, en cada una de estas la piedra caliza de reduce.

2.1.3. Tipos de cal

Se presentan los diferentes tipos de cal.

- Cal de construcción: en su mayoría se utiliza para acabados y elaboración de monumentos.
- Cales hidratadas: la cual es utilizada para su comercialización en polvo seco o en un tipo de pasta.
- Cales cálcicas: cal formada de hidróxido de calcio, sin adición de materiales puzolánicos o hidráulicos.
- Cales dolomíticas: formada por una combinación de hidróxidos de cal y de magnesio, sin adición de materiales puzolánicos o hidráulicos.
- Cal hidráulica: Esta es una combinación de cal viva y otros materiales como cemento y escoria de alto horno. Tiene la característica de fraguar bajo el agua.

2.1.4. Presentación de empaques

El producto final se puede presentar en diferentes tipos de empaques:

- Sacos de papel: son utilizados para almacenar el producto solido o a granel sin embargo, se ve frágil para contener peso en grandes cantidades.
- Sacos laminados y con válvula: saco laminado con una capa de polietileno y papel cartón que lo hace más resistente, en uno de sus extremos cuenta con una válvula que facilita su llenado. Actualmente es el más utilizado para contener cal hidratada y cemento.
- Sacos plásticos: están compuestos por polietileno, en su mayoría sirve para contener resina, pero también ha sido utilizado para el área de embalar producto a base de cal.

2.2. Materia prima

Se presenta una descripción de toda la materia prima que se utiliza en el área de producción de cal viva y cal hidratada.

2.2.1. Piedra caliza

Es una facción de roca sólida que contiene en su mayoría carbonato de calcio (CaCO_3) y magnesita (MgCO_3). Se producen muchos tipos diferentes de piedra caliza cuando es sometida a una variedad de procesos en donde se le agregan otros carbonatos y minerales.

2.2.2. Aserrín

El aserrín es todo el residuo que se obtiene del aserrado y trabajos básicos de la madera como lo es el corte. Este insumo es básico para convertir la piedra caliza a la cal viva en los hornos.

2.2.3. Cascabillo de café

Es todo el desperdicio que queda de la limpieza del café, en su gran mayoría es el recubrimiento o cascara de las semillas de café, que tiene varias propiedades que la hacen que se utilice como fertilizante o combustible.

En varios estudios realizados la cascara del café tiene las siguientes propiedades:

- Dato calorífico es de aprox. 7458 Kcal/Kg.
- Su humedad promedio es de 5,4 %.
- El diámetro de las partículas se encuentra entre el 0,45 y 2,3 mm

2.2.4. Agua potable

Es de suma importancia en el proceso ya que es uno de los componentes principales a la hora de hidratar la cal.

2.3. Descripción del equipo

La planta de producción de cal cuenta con equipo de trabajo en buen estado y debidamente calibrado para el aprovechamiento de todos los recursos disponibles y trabajar en óptimas condiciones.

2.3.1. Maquinaria

Tractor de carga: es un vehículo autopropulsado que facilita el movimiento de cargas pesadas. En este caso es utilizado para trasladar la piedra caliza y el aserrín a los hornos ya que estos tienen que ser trasladados en grandes cantidades.

La buena operación del tractor de carga reduce el esfuerzo humano y hace que las tareas sean más rápidas.

Molinos envasadores: su tarea principal es triturar la cal hasta convertirla en polvo, luego se traslada al área de llenado donde la cal es envasada en los sacos para ser trasladado a la bodega de producto terminado.

Ventiladores industriales: se encargan de contener el polvo en el área de trabajo y no sea dañino para las personas y el medio ambiente.

Mangueras de alta presión: es un tubo flexible fabricado para transportar fluidos de un punto a otro. Estas en su mayoría se utilizan para cubrir mayores espacios.

2.3.2. Herramientas

Las herramientas utilizadas en el área de producción de la cal hacen que el trabajo sea sencillo para la operación y se utilizan las siguientes:

Pala: es una herramienta básica utilizada en su mayoría por agroindustrial, tiene como finalidad excavar o mover materiales de dimensiones pequeñas a modo que una persona pueda hacer uso de ella. Consta de una lámina plana

con una curvatura y de un mango fabricado de un material rígido que hace que se sujete fácilmente.

Piocha: herramienta con una cabeza puntiaguda y el otro extremo plano que sirve para desprender partes de una superficie dura, como lo es tierra, concreto, entre otros.

Montacargas: es un vehículo que funciona a base de gas que tiene como función mover y trasportar cargas pesadas. Para que estas sean trasportadas de manera segura cuentan con un contra peso que hace el siempre este en equilibrio.

2.4. Descripción del proceso por Área

Se hace una descripción del proceso por área de trabajo.

2.4.1. Almacenamiento de piedra caliza

La piedra caliza se traslada de la cantera a la planta de producción, se almacena en una bodega con las condiciones idóneas para mantener las propiedades físicas de la materia prima. La bodega se encuentra a 6,5 metros de los hornos donde se inicia la manufactura de la cal.

2.4.2. Selección de piedra caliza

En esta parte del proceso se separa todo residuo sólido que sea diferente a la piedra caliza que se haya introducido a la bodega de materia prima o en algún otro proceso por cualquier tipo de circunstancia, regularmente son otros tipos de piedras que no pueden ser incluidas en dicho proceso.

2.4.3. Calcinado

La calcinación consiste en someter la piedra caliza a altas temperaturas para llevarla a una reacción térmica. En el proceso se pierde aproximadamente el 50 % del peso, por la pérdida de dióxido de carbono. Para este proceso se necesita de mucha energía por lo que en los hornos es necesario utilizar la cantidad adecuada de cascabillo de café y aserrín como combustible.

2.4.4. Hidratación

En esta fase del proceso se envía la cal viva a una maquina hidratadora, donde la tarea principal es agregar agua en grandes cantidades para que genere un proceso exotérmico y la cal viva sea transformada a cal hidratada.

2.4.5. Triturado

La cal hidratada es enviada a los molinos envasadores para que todo residuo de piedra que no se haya desecho con el choque térmico, desecho que aun este en piedra será separado y llevado a una trituradora de impacto con el fin de recuperar todo el material posible y reducir la merma en esta parte del proceso.

2.4.6. Empaquetado

En el último proceso productivo la cal es trasportada a una envasadora que cuenta con una válvula de inyección para depositar la cal hidratada en los sacos de papel laminados o en los de polietileno, esto va a depender del cliente que lo solicite.

2.4.7. Distribución y logística

A la hora de trasladar el producto a las bodegas de producto terminado el departamento de transporte y logística se enlaza con el de ventas para coordinar entregas a los clientes y puntos de venta.

2.4.8. Salud y seguridad ocupacional

Se describe en este punto las medidas implementadas que se toman en la planta de producción.

2.4.9. Seguridad en la planta

Todas las áreas de la planta deben estar debidamente señalizadas con los riesgos potenciales, esto también aplica en el buen estado del equipo y herramientas de trabajo haciendo así que el colaborador se sienta seguro de que no corre riesgos. Toda empresa debe tener un equipo de SSO que afirme la responsabilidad con sus trabajadores, dicho equipo debe contar con el cumplimiento de los estándares y validar el correcto uso del equipo de protección personal que proporciona a sus colaboradores.

2.4.10. Seguridad de los operarios

Los operarios deben ser capacitados constantemente en temas de seguridad, ya que cualquier práctica que genere riesgos para ellos o para sus compañeros puede ocasionar un accidente que dañe su integridad física o averiar la maquinaria con la que se trabaja.

Los operarios deben de contar con todo su equipo de protección personal los cuales deben proporcionarse por el patrono ya que así lo dice el acuerdo gubernativo 229-2014.

2.5. Análisis de desempeño

Es la evaluación que se utiliza para cuantificar el grado de cumplimiento de los objetivos a nivel individual y como empresa. Este análisis permite evaluar el comportamiento, fortalezas, debilidades y capacidades que los caracteriza como trabajadores.

2.5.1. Estándares

Caleras del Sur y su producto calizo se ha posicionado en el mercado, ya que cumple con altos estándares de calidad los cuales le permiten competir con otras empresas de renombre.

- Para esto el producto debe cumplir con calidad en estos aspectos:
 - Atención al cliente
 - Empaque
 - Composición del producto

2.5.2. Factores que afectan la producción

Estos factores se dan más que todo por una falta de mantenimiento en las máquinas, no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo.

Una de las causas es que los operarios no están capacitados para realizar el mantenimiento autónomo.

Las condiciones ambientales pueden afectar dicha producción ya que los hornos están expuestos al aire libre sin embargo, la producción se planifica a horas estratégicas para que no afecte en gran magnitud la producción.

2.6. Implicaciones ambientales

“El contenido de la investigación se regula bajo la Constitución Política de la República de Guatemala, que especifica en el artículo 97, Medio ambiente y equilibrio ecológico”.¹

El propósito principal de la investigación es el aprovechamiento del recurso natural y la disminución de desechos en la línea de producción por lo que hacemos referencia a este artículo.

2.6.1. Legislación del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ley general de ambiente (Decreto 68-86), diciembre 5, 1986. Artículo 12, inciso B.²

“Son objetivos específicos de la ley, los siguientes:

- a) La protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales del país, así como la prevención del deterioro y mal uso o destrucción de los mismos, y la restauración del medio ambiente en general;
- b) La prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que origine deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos, y excepcionalmente, la prohibición en casos que afecten la calidad de

¹ Constitución Política de la República de Guatemala.

² Ley general de ambiente. *Decreto 68-86*. Consultado el 25 de octubre de 2020

vida y el bien común, calificados así, previo dictámenes científicos y técnicos emitidos por organismos competentes;

c) Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la educación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población;

d) El diseño de la política ambiental y coadyuvar en la correcta ocupación del espacio;

e) La creación de toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente;

f) El uso integral y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos;

g) La promoción de tecnología apropiada y aprovechamiento de fuentes limpias para la obtención de energía;

h) Salvar y restaurar aquellos cuerpos, de agua, que estén amenazados o en grave peligro de extinción; e

i) Cualquiera otras actividades que se consideren necesarias para el logro de esta ley.”

Que tiene como objetivo en control de cualquier causa que deteriore el medio ambiente. Artículo 16, inciso B, donde menciona la regulación de descarga de cualquier tipo de sustancias que puedan alterar la forma de vida de las especies que ocupan ese ecosistema.

Código municipal (Decreto 12-2002), Artículo 68, Inciso A menciona la recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos.

“Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

3

a) Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final;

b) Pavimentación de las vías públicas urbanas y mantenimiento de las mismas;

c) Regulación del transporte de pasajeros y carga, y sus terminales locales;

d) La autorización de megáfonos o equipos de sonido a exposición al público en la circunscripción del municipio;

e) Administrar la biblioteca pública del municipio;

f) Promoción y gestión de parques, jardines y lugares de recreación;

g) Gestión y administración de farmacias municipales populares;

h) La prestación del servicio de policía municipal;

i) Cuando su condición financiera y técnica se los permita, generar la energía eléctrica necesaria para cubrir el consumo municipal y privado;

j) Delimitar el área o áreas que dentro del perímetro de sus poblaciones puedan ser autorizadas para el funcionamiento de los siguientes establecimientos: expendio de alimentos y bebidas, hospedaje, higiene o arreglo personal, recreación, cultura y otros que por su naturaleza estén abiertos al público;

k) Desarrollo de viveros forestales municipales permanentes, con el objeto de reforestar las cuencas de los ríos, lagos, reservas ecológicas y demás áreas de su

³Código municipal, Decreto 12-2002, https://www.preventionweb.net/files/27701_gtleyproteccionmedioambiente6886%5B1%5D.pdf.

circunscripción territorial para proteger la vida, salud, biodiversidad, recursos naturales, fuentes de agua y luchar contra el calentamiento global; y,
l) Las que por mandato de ley, le sea trasladada la titularidad de la competencia en el proceso de descentralización del Organismo Ejecutivo.”

El artículo 68 inciso a, mencionado anteriormente y que tomamos como referencia menciona el tratamiento y disposición final de desechos.⁴

2.6.2. Política de producción más limpia

Es una iniciativa preventiva para empresas productoras que intenta disminuir en grandes cantidades residuos y emisiones que afecten al medio ambiente. Analizando rotación de materiales y la energía en una empresa, uno de los factores que ayudaría a la industria a minimizar los desperdicios es la estrategia de reducción de materias primas como la de los residuos peligrosos.

⁴ Código municipal, Decreto 12-2002, https://www.preventionweb.net/files/27701_gtleyproteccionmedioambiente6886%5B1%5D.pdf.

3. PROPUESTA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS INORGÁNICOS

3.1. Diseño del proceso

El diseño del proceso se basa en garantizar la preexistencia de todas las medidas que aporten al cuidado del medio ambiente y de las medidas de seguridad suficientes en las áreas de residuos. La empresa en estudio debe definir las características de la instalación de residuos y un plan de manejo de residuos que sea acorde al proceso.

La aplicación del plan de manejo de residuos de forma previa a su eliminación asegura que la empresa está realizando buenas prácticas para desechar el residuo y ayudar al medio ambiente.

La empresa, previo a iniciar operaciones debe establecer las obligaciones necesarias para el manejo de residuos, para tener el mayor conocimiento del tema, antes de empezar la extracción minera y las características de los residuos que se van a producir, así como cuál va a ser su gestión futura.

Para ello, surge la necesidad de crear un plan de residuos en el cual se realizará una proyección de la producción y los residuos generados tomando en cuenta el que desperdicio principal tendrá un reproceso en cual hará que el desperdicio disminuya en un gran porcentaje comparado con la situación actual, por lo que se debe de realizar una matriz con las afecciones al medio ambiente y sus procedimientos de control.

3.1.1. Extracción de residuos

Las características de estos residuos dependen del tipo de yacimiento y de los métodos de explotación. Los residuos generados se clasifican en dos tipos fundamentales: roca estéril de procesamiento del mineral.

Para la empresa en estudio como se describió anteriormente es una empresa de exploración y explotación de producto calizo sin embargo, cuentan con la problemática de la acumulación excesiva de residuos inorgánicos que se obtienen de la manufactura de sus productos. Para lo cual su recolección se hace utilizando la maquinaria, se toma con una chuchara hidráulica del tractor para que tome todo el residuo y se coloca en un camión y este lo lleva al área de acopio.

3.1.2. Clasificación de residuos

Como primera medida se debe clasificar los residuos generados en el área de producción y empaque.

Para lo cual al ser trasladados por el camión recolector son depositados en la sección de acopio y es clasificado por su tamaño, si mide aproximadamente 20 cm o más es enviado a reproceso, de lo contrario es utilizado para realizar gaviones, rellenos.

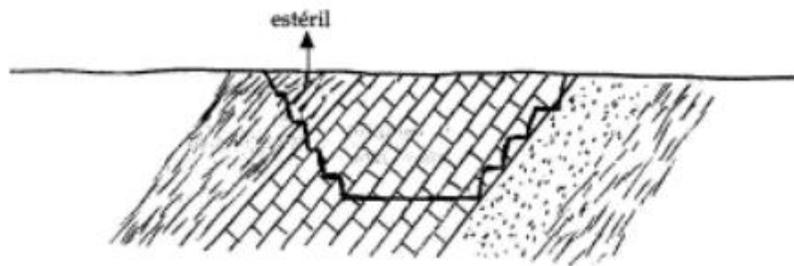
3.1.2.1. Clasificación de merma

La segregación de la merma se organiza de acuerdo a cada uno de los procesos, los procesos donde más nos concentramos es en los hornos donde un 25 % de la merma sigue siendo utilizable para volver a someter a temperatura

por el tamaño de la piedra, el 60 % pasa a la trituradora para pasar al siguiente proceso y el 15 % se envía directamente a desechar.

Otro método de segregación que es más artesanal y tardado es evaluar el límite entre estéril y mineral. Este límite es evaluado por el corte, tamaño y cantidad de impurezas, se debe clasificar para evaluar cuales son económicamente explotables.

Figura 7. **Perfil de una cava**



Fuente: SÁNCHEZ, LUIS ENRIQUE. *Manejo de residuos sólidos en minería.*, p 35.

3.1.2.2. Clasificación de plástico

Todos los envases, recipientes plásticos que se generan dentro de las áreas de operaciones, empaque y área administrativa deben ser recolectados para su clasificación y enviarlos al área de trituración/ peletizado de plástico.

El plástico triturado es enviado a la empresa que nos provee el empaque en el cual depositamos la cal para realizar el reproceso correspondiente, el lugar donde más se genera desperdicio de plástico es en el área de llenado por la presión que genera la máquina, las bolsas estallan y en el área de

almacenamiento ya que en su mayoría de veces es generado por una mala operación del montacarga o al estibar de manera errónea el material.

Dentro de las oficinas se agrega el plan piloto de identificación de contenedores de desechos por color, se la siguiente forma:

- Azul: cartón y papel
- Amarillo: plástico y pet
- Verde: material quebradizo (vidrio)
- Café: desechos orgánicos
- Rojo: desechos biológicos

Esto se da para crear la cultura de la clasificación de los desechos desde el área administrativa.

3.1.3. Selección de residuos

Para la selección de residuos, se dividen en dos grupos, el primero consiste en recolectar todo el material estéril que es generado en proceso de explotación minera. Para lo cual es separado de la fuente de extracción, todos los bloques mayores a 20 cm, para lo cual se utiliza una malla para realizar la separación. De igual forma se recupera material en el proceso de trituración.

Figura 8. Selección de residuo



Fuente: elaboración propia, hornos de calcinación.

Todos los residuos son pasados por la malla para que el material se pueda clasificar en reutilizable, o pasa al área de trituración.

Otra forma de reutilizar las rocas es empleándolas para la fabricación de gaviones y malla, lo que permite tener barreras naturales.

Figura 9. **Malla**



Fuente: elaboración propia, Área de desechos de piedra caliza.

3.1.3.1. Análisis de calidad

La aglomeración del material grueso se divide en dos secciones de la mina, que sería principalmente en la malla de selección y aglomerado en gaviones.

La clasificación del material grueso se realiza tomando en cuenta la cantidad de residuos inservibles que se acumulan en el área y la variación del

tipo de roca, se realiza la separación composicional en base a la clasificación de la minería en Guatemala, por parte del departamento de control minero del Ministerio de Energía y Minas.

Figura 10. **Gavión**



Fuente: elaboración propia, Bodega de materia prima.

3.1.4. Trituración de residuos

El proceso de trituración se realiza para disminuir el tamaño de la piedra caliza al mínimo posible para que este sea manejable en los siguientes procesos, este incluye 5 fases metodológicas y actividades específicos en cada paso las cuales van a estas descritas en los siguientes puntos.

3.1.4.1. Pulverización de la merma

Los materiales que miden menos de 18 cm que representan alrededor del 65 % de la merma se traslada a una trituradora de impacto donde queda tamaño grava y luego pasan por un molino, que convierte el material tamaño arena para continuar el proceso y ser hidratado, en la limpieza del horno se recupera alrededor del 25 % de la merma la cual se puede volver al ingresar al horno y disminuir su tamaño el proceso es detallado en los puntos siguientes.

3.1.4.2. Trituración de plástico

Se presenta la matriz con la descripción del proceso de ingreso de residuos al centro de acopio para ser triturados.

Tabla I. **Proceso de ingreso a centro de acopio**

Actividad	Responsable
En el área de recolección se clasifica los desechos en base a la rotulación del contenedor, si todos los residuos están clasificados son embalados y trasladados al centro de acopio	Personal del centro de acopio
Se recibe la extracción de residuos	Personal del centro de acopio
Todo es verificado nuevamente para establecer que no cuente con materias extrañas	Personal del centro de acopio

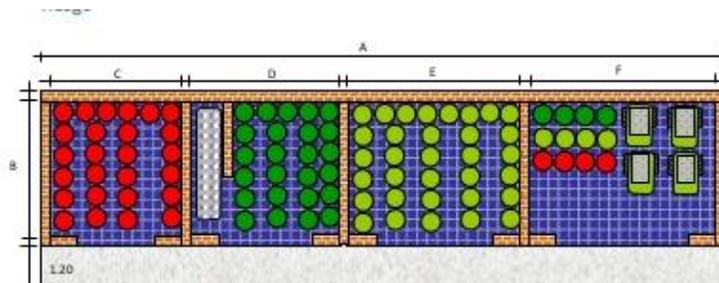
Continuación de la tabla I.

Es colocado en la banda transportadora donde llega al molino que tritura el pastico, se deposita la resina en sacos se pesa y se estiba para el envío al proveedor.	Personal de centro de acopio y operador de molino triturador.
---	---

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Se presenta la distribución de residuos en el centro de acopio para su almacenaje.

Figura 11. **Distribución del centro de acopio**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Todos los envases plásticos, envolturas deben ser colocados en un recipiente, contenedor de color azul este distintivo identifica que solo se puede colocar plástico.

Seguidamente que se recolectan todos los contenedores se clasifica en base a color y forma para realizar un embalaje para su distribución al centro de acopio y trituración de material.

Para su extracción del centro de acopio se identifica el tipo de plástico que se despacha para llevar un registro de los kilogramos entregados semanalmente, todo este plástico es enviando a las empresas recicladora para su reproceso.

3.1.5. Lavado

Fase 1- Deposito y lavado en batea.

Después de que el material es molido/ triturado es lavado y es trasladado por una banda mecánica que contiene unas alfombras especiales para retener el material fino y que sea separado del material que aún está en condiciones de enviarse al molino, el que queda en la alfombra es lavado en un depósito de agua y posteriormente se pasa por una batea de forma manual, este proceso suele ser uno de los más tardados ya que es de forma artesanal.

3.1.6. Secado

Fase 2. Mesas vibratorias.

El material que no queda en la banda transportadora se retiene en un contenedor y es llevado al inicio del proceso ya que es un material útil con esto disminuimos la mayor cantidad de merma.

3.1.7. Agregación de aditivos

Fase 3. Sistema hidráulico.

El sistema hidráulico hace que todo el material pesado se decante y el material fino flote para ser trasladado al siguiente proceso.

Los minerales finos se extraen y se envían al siguiente proceso el material grueso regresa a los molinos para recuperar la mayor cantidad de material prima, ya que toda esa merma representa valor económico para explotación.

Los aditivos que se agregaran por aire es el aginatos, que da resistencia a la humedad, elasticidad, retenedor de humedad.

3.1.8. Traslado al área de reprocesamiento

Fase 4. Clasificación de minerales.

Efectuada la clasificación del material, se aumenta la recuperación de los minerales por medio del método de preconcentración lo cual genera un retrabajo, pero aumenta el tonelaje de producción y un menor desperdicio.

3.2. Diseño del entorno

Se presenta el diseño ideal del entorno para acoplarlo a las necesidades del área operativa y hacer más efectivo y ergonómico el trabajo.

En este tipo de proceso la iluminación natural es muy importante por lo que el 20 % del total de las láminas tienen que ser transparente.

La ventilación en el área de hidratación y trituración es del 5 % del perímetro total de la bodega.

3.2.1. Iluminación

Para mejorar el consumo de energía eléctrica se hace la propuesta de un sistema de iluminación que sustituya las lámparas de alto consumo energético.

Se toma en cuenta que por el tipo de proceso la iluminación natural se mantiene una mayor parte del día.

Tabla II. **Consumo de energía led**

Consumo led		
Potencia	Tiempos	
36 watts	8 horas	
Consumo diario		0,288 Kwh/ Diarios
Consumo incandescente		
Potencia	Tiempos	
59 watts	8 horas	
Consumo diario		0,472 Kwh/ Diarios
Consumo semanal		5 días a la semana
C.S.	$(5*0,288) + (0,472*5) = 3,8 \text{ kwh/ Semanal}$	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Sería el dato teórico actual del área de prueba de funcionamiento, el cual nos servirá para tomarlo como referencia el dato teórico de nuestra nueva propuesta.

Figura 12. Cálculo de luminarias

1.00 Índice de local (k)
 A partir de la geometría del local, según método europeo

$$k = \frac{l \cdot a}{h(l + a)}$$

k= 4.00
 k= 4.00
 k, es un número comprendido entre 1 y 10

2.00 Coeficientes de reflexión
 De la **Tabla 2**

Techo= 0.50
 Pared= 0.50
 Suelo= 0.10

3.00 Factor de utilización
 De la **Tabla 3**

n= 0.59

4.00 Factor de mantenimiento
 De la **Tabla 4**

fm 0.80

5.00 Superficie de trabajo
 S= 600.00 m²

6.00 Flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{n \cdot fm}$$

ΦT= 127119 lux

7.00 Flujo luminoso local
 Del tipo de luminaria

ΦI= 2520.00 lux

7.00 Numero de luminarias

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

N= 51 und requeridas
 N= 54 und a usar
 N ancho= 9 @ 3.33 m
 N largo= 6 @ 3.33 m

1.00 Dimensiones del Local

Largo 20.00 m
 Ancho 30.00 m
 Altura 3.00 m

2.00 Nivel de Iluminación
Tabla 1
 tabla 1 según Norma EM.010 - RNE
 E= 100.00 lux/m²

3.00 Reflexión de elementos

Techo Claro
 Pared Claro
 Suelo Oscuro

4.00 Mantenimiento del local
 Mantenimiento limpio

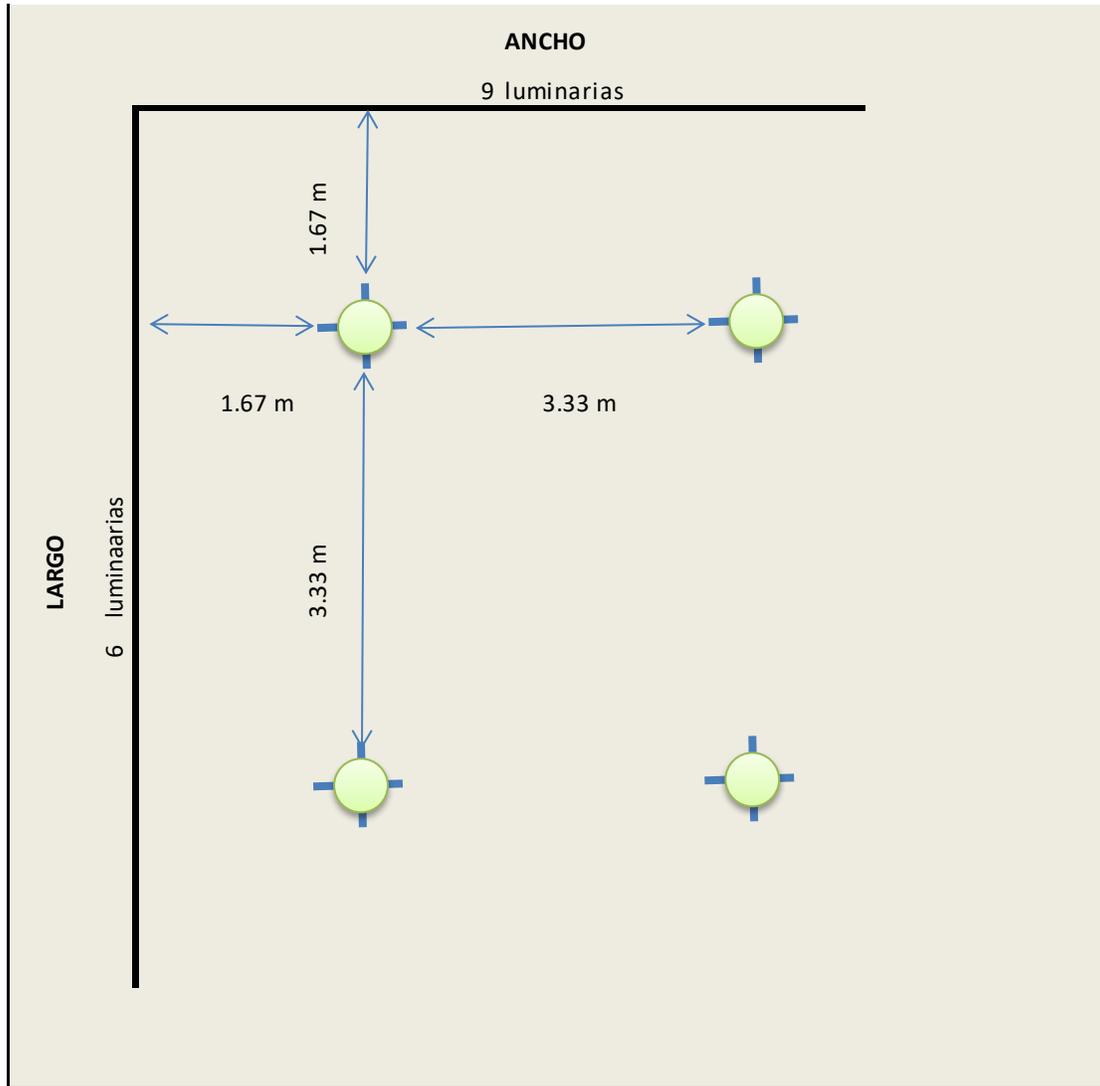
5.00 Tipo de luminaria
 Luminaria tipo: Fluorescente lineal

 Watts
 18
 36
 58

6.00 Luminarias por punto
 n= 1

Fuente: elaboración propia, empleado en PX.LUMINATION V1

Figura 13. **Ubicación de luminarias**



Fuente: elaboración propia, empleado en PX.LUMINATION V1

Figura 14. **Iluminación**



Fuente: elaboración propia, Bodega de despacho.

3.2.2. Ventilación

La ventilación en la planta de fabricación de producto calizo es un tema de suma importancia ya que si no se cuenta con una ventilación adecuada es altamente probable que dañe la salud de los colaboradores, el polvillo que genera la cal hidratada puede generar problemas respiratorios por lo que la circulación de aire es necesario para asegurar una atmósfera respirable.

Todas las industrias que se dedican a un proceso similar deben monitorear constantemente el volumen de aire para que sea capaz mantener limpia la atmósfera donde se realizan los trabajos.

El aire que se inyecte a los espacios confinados debe ser puro y estar libre de contaminantes.

Podemos mencionar que los trabajos con que no cuentan con ventilación suficiente que en su mayoría son bajo tierra, no se recomiendan, pero por la necesidad hay que tomar precauciones, si su atmósfera contiene menos de diez y nueve por ciento (19 %) y es necesario realizar un trabajo el trabajador tiene que contar con equipo que le brinde el oxígeno necesario.

Las empresas que practiquen este tipo de trabajos deben conocer el valor límite permisible (VLP) para los siguientes gases contaminantes, debe ser el que se reglamenta a continuación:

Tabla III. **Valor límite de gas**

Nombre del gas contaminante	Formula Quimica	Porcentaje en Volumen (%)	Partes por millón (PPM)
Dióxido de Carbono	CO ₂	0.5	5000
Monóxido de Carbono	CO	0.0025	25
Acido Sulthídrico	H ₂ S	0.0015	15
Anhidrido Sulfuroso	SO ₂	0.001	10
Oxido Nítrico	NO	0.0035	35
Dióxido de Nitrógeno	NO ₂	0.0005	5

Fuente: Ministerio de energía y minas. *Departamento de fiscalización*. p.23

3.2.3. Temperatura

La temperatura efectiva (Te) es la magnitud física que indica la cantidad de energía interna de un cuerpo o sistema.

$$T_e = 0.3T_{bs} + 0.7T_{bh} - V \quad [^{\circ}C]$$

Donde:

T_{bh} : Temperatura húmeda en grados centígrados.

T_{bs} : Temperatura seca en grados centígrados.

V: Velocidad de la corriente de aire en m/s

Fuente: Ministerio de energía y minas. Reglamento *de seguridad en las labores subterráneas*.

p. 44

Con los datos mostrados en la ecuación se define el tiempo de exposición del personal en los trabajos de estas características, como referencia se toma la siguiente tabla:

Tabla IV. **Tiempo de permanencia según la temperatura efectiva**

t_e ($^{\circ}C$)	Tiempo de permanencia (Horas)
28	Sin limitación
29	6
30	4
31	2
32	0

Fuente: Ministerio de energía y minas. Reglamento *de seguridad en las labores subterráneas*.

p. 45.

3.2.4. Señalización de riesgos

En base al Manual Técnico de la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas, en el Capítulo 3, sección de seguridad ocupacional, en el literal 3,7 describe, que la empresa encargada del proyecto minero deberá

describir el tipo de señalización en los locales de trabajo que será implementado dentro del proyecto minero.

Figura 15. **Señales informativas de minería**



Fuente: Sistema Integrado de Gestión. *Señalización y código de colores para minería*. p.6.

Figura 16. **Señales de advertencia para minería**



Fuente: Sistema Integrado de Gestión. *Señalización y código de colores para minería*. p.6.

Figura 17. **Señales de prohibición para minería**



Fuente: Sistema Integrado de Gestión. *Señalización y código de colores para minería*. p.6.

Figura 18. **Señales obligatorias para minería**



Fuente: Sistema Integrado de Gestión. *Señalización y código de colores para minería*. p.6.

Figura 19. **Señales contra incendio minería**

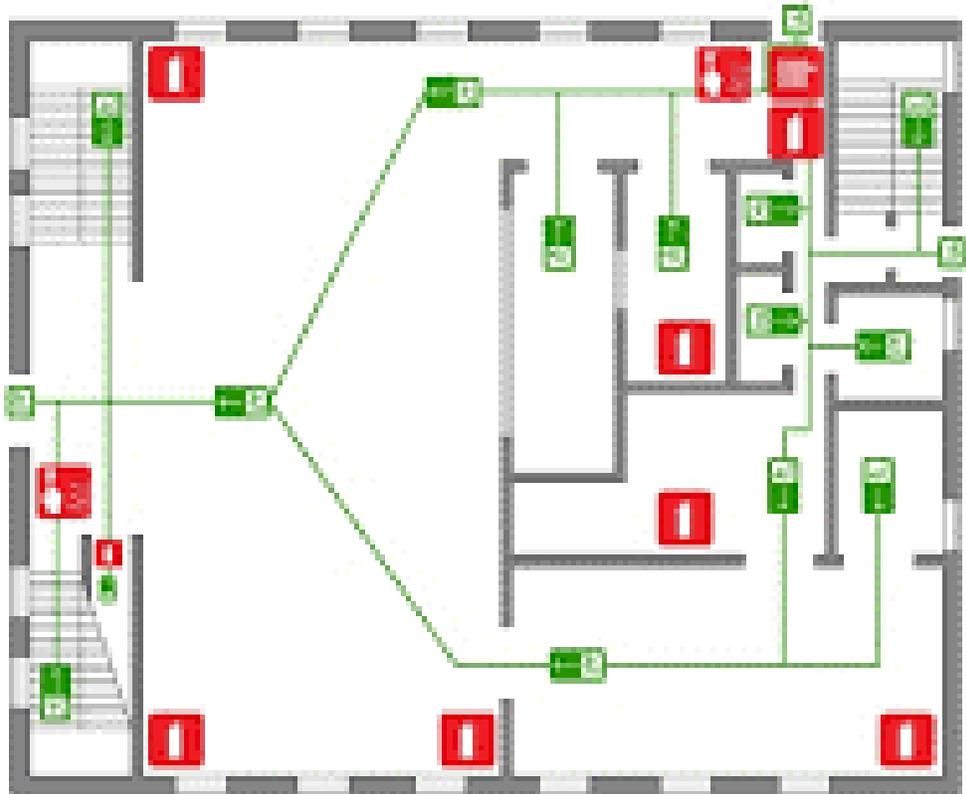


Fuente: Sistema Integrado de Gestión. *Señalización y código de colores para minería*. p.6.

3.2.5. Rutas de evacuación

Se presenta el diseño para las rutas de evacuación del proyecto minero.

Figura 20. **Rutas de evacuación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

3.3. **Costos de reproceso**

Los costos para el desarrollo de la propuesta son descritos en el análisis financiero del capítulo cuatro.

Tabla V. **Costo de reproceso**

Descripción	Valor mensual	Total
Reciclado	500,00	6 000,00
Reproceso	500,00	6 000,00
Operador de trituradora	3 500,00	42 000,00
Transporte y entrega producción	3 50,00	4 200,00
Insumos	1 000,00	12 000,00
TOTAL GASTOS ANUAL	Q 5 850,00	Q 70 200,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Insumos

El apartado de insumos, se refiere a todos los elementos necesarios como materiales, señalización, diseño de la malla de separación de sólidos, trituradora de residuos, centro de acopio de desechos como papel, plásticos y desechos orgánicos.

Tabla VI. **Costo insumo**

Descripción	Total
Aditivos	2 000,00
Llenadoras	3 500,00
Empacadora	1 500,00
Pesas y etiquetadora	1 000,00
Total	Q 8 000,00

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Mano de obra

La mano de obra es todo el personal directo e indirecto que tendrá participación en las mejoras planteadas para el desarrollo de la propuesta.

- Gerente de planta: Se encarga del control y manejo de todas las áreas que intervienen en el proceso productivo (fabricación, mantenimiento, control de calidad, entre otras). El salario es de Q. 17 000,00.
- Gerente de operaciones: Esta persona está encargada del análisis de procedimientos de distribución comerciales, coordinar la cadena de suministros, gestionar de forma óptima la logística interna e implementar las acciones de mejora necesaria de manera coordinada con otras funciones. El salario es de Q. 14 500,00.
- Operarios de planta: Son las personas encargadas del uso del equipo para la transformación de materia prima. El salario es de Q. 3 150,00.
- Auxiliares de planta: Asisten a los operarios en el uso de maquinaria y equipo en la planta de producción. El salario es de Q. 2 750,00.

3.4. Mantenimiento de equipo

Los objetivos principales del área de mantenimiento de Caleras del Sur:

- Tener la maquinaria y equipo en óptimas condiciones.
- Disminuir los tiempos de paro y los fallos prolongados.
- Prevenir los fallos futuros cumpliendo la programación de mantenimiento preventivo.

- Contribuir con la seguridad industrial dentro de la planta.
- Cumplir con el plan de calibraciones en máquina que hace que se cumplan los estándares de calidad.

3.4.1. Preventivo

En los trabajos de minería y similares hay dos grandes ramas, el mantenimiento en el equipo de mina y equipo en planta.

El primero de ellos se especializa en mantener en óptimas condiciones el equipo de extracción, perforación y transporte de la materia prima de la mina a la planta productiva, en su mayoría son vehículos con capacidad de mover cargas pesadas.

El segundo aborda la maquinaria que se utiliza para el procesamiento de minerales, en este caso la piedra caliza. En su mayoría se encuentran en un lugar fijo en las instalaciones.

En la tabla se detalla la nomenclatura con la que se identifican las actividades de mantenimiento preventivo.

Tabla VII. **Nomenclatura mantenimiento preventivo**

Nomenclatura	Actividad
A	Reparar
C	Cambiar
D	Drenar
R	Recoger
I	Inspeccionar, ajustar
L	Lubricar
P	Limpiar
V	Verificar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Tabla VIII. **Mantenimiento de compresores**

Actividad programa	Intervalo	Horas		
		10	1 000	1 000
Revisar nivel líquido de refrigerante	10 horas	V	V	V
Revisar nivel de aceite motor		V	V	V
Revisar nivel de aceite hidráulico de unidad compresora		V	V	V
Revisar nivel del combustible		V	V	V
Verificar que no existen ruidos anormales en el motor		V	V	V
Verificar fugas del motor (visualmente)		V	V	V
Verificar bandas y templador		V	V	V
Actividad programa		Intervalo	Horas	
		10	1 000	1 000
Verificar estado del líquido refrigerante	100 horas		V	V
Cambiar filtro de combustible			C	C
Verificar el estado de la batería			V	V
Cambiar aceite y filtro de aceite del motor			C	C
Cambiar filtro separador de agua			C	C
Cambiar filtro de aire			C	C
Revisar el ajuste y tensado de las bandas			I	I
Reparar el motor de combustión	1000 horas			A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla IX. **Mantenimiento excavadora**

Actividad programa	Intervalo	Realizar (horas)								
		10	25	50	200	600	1000	2000	400	10 000
Lubricar las partes móviles	25 horas		L	L	L	L	L	L	L	L
Cambiar filtro de aire primario			C	C	C	C	C	C	C	C
Verificar estado del tensado de la cadena de rodaje				V	V	V	V	V	V	V
Verificar el ajuste de los pernos		V	V	V	V	V	V	V	V	V
Cambiar filtro de aire secundario	50 horas		C	C	C	C	C	C	C	C
Cambiar aceite del motor			C	C	C	C	C	C	C	C
Verificar nivel de aceite hidráulico			V	V	V	V	V	V	V	V
Engrasar el torno de mesas	200 horas		L	L	L	L	L	L	L	L
Verificar el desgaste del freno de servicio y de parqueo			I	I	I	I	I	I	I	I
Revisar y limpiar todo los respiradores y desfogues de la máquina			V	V	V	V	V	V	V	V

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 21. **Bitácora de mantenimiento de equipo general**

Actividades de mantenimiento	Frecuencia u horas de trabajo	Tiempo en que la máquina paró para servicio	Tipo de mantenimiento
	Diario		No para la máquina
	Mensual		
	4 meses		
	Anual		
	Diario		No para la máquina
	Mensual		
	4 meses		
	Anual		
	Diario		30 minutos por cada parada de máquina
	Mensual		
	4 meses		
	Anual		
	Diario		60 minutos por cada parada de máquina
	Mensual		
	4 meses		
	Anual		
	Diario		45 minutos por cada parada de máquina
	Mensual		
	4 meses		
	Anual		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.4.2. **Correctivo**

El mantenimiento correctivo a los equipos y vehículos se efectuará al instante que se reporte una anomalía, previo a su inspección para determinar el grado de falla, si es leve, moderado, severo y se requiere un paro no programado para su reparación.

Figura 22. **Hoja de registro de mantenimiento correctivo**

Mantenimiento Correctivo					
Fecha Realización		Contrato No.	Fecha de suscripción contrato		Contratista
Observaciones					
Mantenimiento Correctivo					
Fecha Realización		Contrato No.	Fecha de suscripción contrato		Contratista
Observaciones					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Diagnóstico de áreas involucradas

Para el desarrollo de la propuesta de mejora se presenta las condiciones necesarias para la optimización del proceso productivo de la cal. En cada uno de los apartados siguientes, se detalle los elementos, insumos, necesarios para cumplir con el proceso de producción.

4.1.1. Hidratación

El área de hidratación debe contar con una red de distribución de agua para que se tenga la cantidad necesaria para el abastecimiento a las áreas productivas, debido que es fundamental que se esté lavando, lubricando.

Figura 23. Red de distribución de pozos de agua



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

4.1.2. Empaquetado

En el área de llenado de sacos de cal, se debe tener un área destinada a la colocación del producto para ser trasladado a bodega de producto terminado previo a su distribución en los diferentes puntos de venta.

Cada área debe estar identificada para que el operador, no tenga ningún accidente con la máquina y con las tarimas.

Figura 24. **Área de empaque**



Fuente: elaboración propia, Área de empaque y sellado.

4.1.3. Bodega de producto terminado

En el área de bodega se procede a identificar cada lote de producción que es ingresado. En relación al sistema que se utiliza es primero en entrar primero en salir para lo cual es almacenada en áreas, se cuenta con una área de carga y descarga que esta diseñadas para que el furgón ingrese y se acondicionado.

Figura 25. Área de bodega



Fuente: elaboración propia, Bodega de producto terminado.

Figura 26. **Carga de Tráiler con sacos de cal hidratada**



Fuente: elaboración propia, Área de despacho.

4.2. Manejo de materiales

El material estéril son materiales extraídos para permitir la explotación del mineral útil, en su mayoría es un mineral duro. Estos materiales son trasladados en escombreras a un costado de la mina de explotación, fundamentalmente debido a los costes de transporte asociados ya que es carga pesada.

En el nuevo plan la recuperación de la piedra caliza de estos minerales depende del sistema de extracción empleado. La extracción con algún explosivo genera una gran cantidad de producto estéril ya que contamina la piedra caliza a diferencia de las explotaciones subterráneas que la separación del material es más cuidadosa.

4.3. Clasificación de materiales

En la clasificación de los materiales cuando las características permiten, la piedra caliza es separada de los escombros procedentes de la explotación y son trasladados a un área de tratamiento donde se evalúa si cumple los estándares para ser llevados al horno para formar la cal viva.

Luego el material estéril es enviado a una zona de vertido donde es utilizada para fines de construcción, donde se le agregan una serie de aditivos como concreto para reforzar muros de contención entre otros.

El material que en el proceso de calcinación no logra convertirse en cal viva es separado según el tamaño, unos se envían a la trituradora de impacto y el resto regresa al horno. En la clasificación de estos materiales se recupera alrededor del 65 % de la merma generada.

En el área de bodega como se indicó es separada cada materia prima según la fase del proceso que lleva para su comercialización.

Figura 27. **Separación de producto**



Fuente: elaboración propia, Bodega de materia prima.

4.4. Selección de materiales

Se describen las medidas para la selección de materiales en el proceso de producción.

4.4.1. Desinfectar los materiales

Cada equipo que se emplea en la extracción, trituración primaria y secundaria, selección de rocas de tamaño adecuado para el horno de calcinación, debe ser limpiado cada vez que se finaliza una jornada de trabajo debido que los residuos, materias extrañas que pueda tener el aserrín o cascabillo de café pueden dañar los equipos, generar una contaminación cruzada con el producto final, el cual compromete la calidad de entrega al consumidor final.

4.4.2. Análisis de calidad

Toda la materia prima extraída se debe someter a un análisis de caliza según pureza y composición. Para ser trasladada al área de calcinación consiste en la aplicación de calor a alta temperatura para la descomposición de reacción térmica de la caliza. En este paso de la producción de cal se pierde cerca del 35 % del material inicial, por la descarbonatación que es la pérdida del dióxido de carbono. Se necesita cumplir las condiciones de tiempo y temperatura para que pueda ocurrir el paso de transformación de piedra caliza (CaCO_3) a cal viva (CaO).

4.5. Traslado de materiales

En esta etapa, la cal viva se lleva al área de hidratación, en donde se agrega agua al producto. De modo que los fragmentos al hidratarse se convierten en el polvo fino que en la industria se conoce como cal hidratada o es hidróxido de calcio.

Este proceso es un proceso exotérmico, que se da cuando el óxido de calcio es mezclado con agua y produce una reacción que libera calor.

4.6. Reproceso de materiales

El reproceso de materiales se presenta porque en la selección de la piedra, en la cual se verifican el tamaño del material, algunos no cumplen con los 20 cm, por lo cual son empleados en reutilizar para hacer separadores naturales, y las piedras que se pueden emplear nuevamente en el triturador.

4.6.1. Materia recolectada

Cada materia recolectada es previamente inspeccionada y clasificada, la cual si cumple con las dimensiones requeridas es acondicionada para ser enviada al área de producción, las piedras de menor tamaño son revisadas si se pueden utilizar para un reproceso, o en su caso son empleadas para el diseño de barreras naturales.

Figura 28. **Materia prima acondicionada**



Fuente: elaboración propia, Molino triturador de cal.

Figura 29. **Área de exploración y explotación**



Fuente: elaboración propia, Área de explotación.

4.6.2. Agregación de agentes aditivos

El dihidróxido o calcio hidratada en su mayoría de procesos se le aplican 2 aditivos alginato y cola fuerte los cuales deben cumplir los requisitos de la especificación ASTM C226.

Alginato: Resistencia a la humedad, se aplica un 5 % del peso total de la cal.

Cola fuerte: Alta capacidad de pegado y resistencia, se aplica máximo el 5 % del peso total de la cal.

La cal hidratada para la construcción, debe cumplir con los siguientes requisitos en cuanto a su composición química:

Tabla X. **Composición química cal hidratada**

	Tipos de hidratos:			
	Tipo N	Tipo NA	Tipo S	Tipo SA
Calcio y óxidos de magnesio (base no volátil), min, %	95	95	95	95
Dióxido de carbono (base "como fue recibido"), máx., %:				
Si la muestra es tomada en el lugar de fabricación	5	5	5	5
Si la muestra es tomada en cualquier otro lugar	7	7	7	7
Oxido no hidratado (base "como fue recibido"), máx., %	8	8

Fuente: Especificaciones de la composición química de la cal, Norma *Técnica NTG 41018 Cal hidratada para la construcción.*

4.6.3. **Producto terminado**

Todo el producto terminado es inspeccionado previo a su aceptación en la bodega de producto terminado, ya ingresado es codificado para tener un registro de cada lote, y las salidas para su despacho en el área de comercialización.

4.7. **Logística en el proceso por Área**

En cada área de la logística del proceso de depósito de residuos, recolección y reproceso, se debe de contar con lineamientos específicos para mejorar el tiempo de producción, y de esta forma reducir los parros no programados, contar con el equipo e insumos necesarios de tal forma que el proceso tenga un flujo continuo.

4.7.1. Depósito de residuos

Se presenta el diagrama de ingreso de residuos a bodega.

Figura 30. Diagrama de ingreso de residuos a bodega

Empresa de manufactura de producto calizo	Hoja: 1/1
Departamento: Producción	Fecha: Mayo 2020
Realizado por: Oscar Herrera	Metodo: Actual
Inicio: Area de Extracción	Finaliza: Bodega Producto terminado



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.7.2. Recolección de residuos

Toda la recolección de residuos es efectuada por cada área de trabajo y trasladada al centro de acopio, en este caso son para los desechos de plástico, papel, cartón, para su clasificación y disposición final

Figura 31. Distribución de bodega



Fuente: elaboración propia. Bodega de producto terminado.

4.7.3. Materia prima

Toda la materia prima es acondicionada en los patios de producción previa selección para ser enviado al horno triturador.

Figura 32. Colocación de materia prima



Fuente: elaboración propia, Área de desecho de piedra caliza.

4.7.4. Señalización

En base al Manual Técnico de la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas, es obligatorio por parte de los patronos cumplir con disposiciones de seguridad y salud ocupacional.

Además, la empresa se debe regir en base al Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas. Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional el cual tiene como objetivo regular las condiciones generales de Salud y Seguridad Ocupacional, en las cuales deben ejecutar sus labores los trabajadores de Empresas privadas, entidades del estado entre otros. Con la finalidad proteger la salud e integridad de los trabajadores en la prestación de sus servicios.

4.8. Eficiencia de Materia Prima

Para el control de la eficiencia prima se debe tener un sistema de control de inventarios el método de kardex el cual establezca la relación de consumo y demanda.

En caleras del Sur utilizamos el PEPS (Primero en entrar primero en salir) para tener una mayor rotación en nuestro inventario, a continuación, se presenta la ficha de registro de movimientos para el mejor control de las salidas y entradas del producto.

Figura 33. Hoja para registro de movimientos

ITEM	Fecha	Documento		Detalle	Entrada			MOVIMIENTOS			SALDOS			
		Guía	orden		Cantid ad	P	P.T.	Cantid ad	P.U.	P.T.	CANT.	P.U.	P.T.	
-----TOTAL ENTRADAS-----														

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4.9. Disminución de la merma

Para el control de la merma se debe llevar registros del llenado de sacos y verificar que no se haga mal uso de las tolvas de llenado, pesado de los sacos, así como de la presencia de materias extrañas, para lo cual se propone un formato de registro para establecer el rango de merma por turno de producción.

Figura 34. Registro de uso y merma

TURNO DIURNO											
Hora M1		05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
Muestra Pesos de Llenado	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
Total											
Promedio											
Rango											

Continuación figura 34.

TURNO MIXTO									
Hora M1		15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
Muestra Pesos de Llenado	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
Total									
Promedio									
Rango									

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4.10. Análisis económico

Se presenta el análisis económico por medio del VAN y TIR en el cual se tiene la inversión inicial, el cual será trabajado a una tasa de interés del 12 %.

Tabla XI. **Análisis económico**

	1	2	3	4	5
Inversión	2.020	2.021	2.022	2.023	2.024
Flujos totales marginales	(45.419,00)	32.320	32.320	32.320	32.320

VAN					
12%	$1/(1+12\%)^1 =$	$1/(1+12\%)^1 =$	$1/(1+12\%)^1 =$	$1/(1+12\%)^1 =$	$1/(1+12\%)^1 =$
	0,892857	0,797194	0,711780	0,635518	0,567427
(45.419,00)	28.857,29	25.765,42	23.004,82	20.540,01	18.339,28
	71.087,82				
VAN 12.% = AL TREMA DE DUPONT	Q116.506,82				
	Q71.087,82				

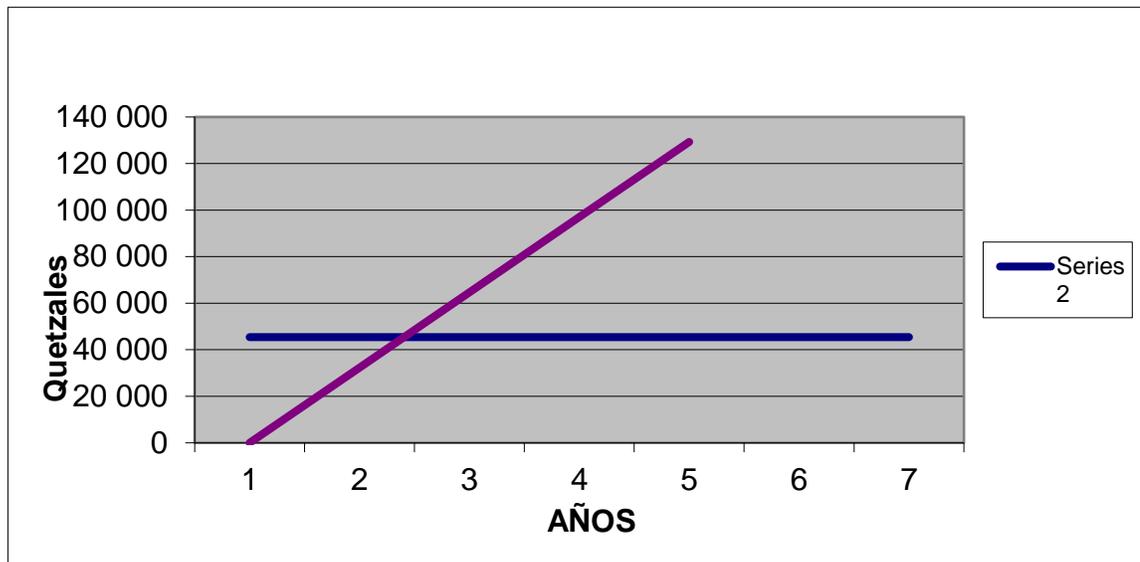
TIR					
65%	$1/(1+65\%)^1 =$	$1/(1+65\%)^1 =$	$1/(1+65\%)^1 =$	$1/(1+65\%)^1 =$	$1/(1+65\%)^1 =$
	0,606061	0,367309	0,222612	0,134916	0,081767
(45.419,00)	19.587,98	11.871,49	7.194,84	4.360,51	2.642,73
	238,55				

Conclusión: Con este análisis financiero ratificamos que la mejor opción es invertir en el proyecto de manejo y distribución de residuos, el cual arroja datos positivos para el ingreso económico de la empresa en los años futuros.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XII. Retorno de inversión

Tiempo	Inversión	Beneficio	Beneficio
Años			Acumulado
0	45 419,00		
1		32 320,42	32 320,42
2		32 320,42	64 640,83
3		32 320,42	96 961,25
4		32 320,42	129 281,67
5		32 320,42	161 602,08



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Resultados obtenidos

El estudio de tiempos es una herramienta utilizada para saber con exactitud la cantidad de tiempo que se lleva una persona en realizar una tarea, considerando las variables que pueden afectar tanto al humano como a la tarea a realizar.

Un estudio de tiempos cronometrado se lleva a cabo cuando:

- Se va a realizar una tarea nueva.
- Se encuentran demoras.
- Se desea fijar tiempos estándar.
- Se encuentran bajos rendimientos.

Los pasos para la realización del estudio de tiempo son:

- Preparación
 - Selección de la tarea u operación
 - Selección del operador
 - Se realiza un estudio del método correcto de trabajo
- Ejecución
 - Se recauda y se registra la información
 - Se separan las actividades en secciones
 - Se mide el tiempo (cronometra)

- Valoración
 - Valor del ritmo de trabajo
 - Se calcula el tiempo base

- Suplementos
 - Análisis de atrasos o demoras
 - Estudio de fatiga o cansancio por la tarea
 - Cálculo de suplementos y tolerancias

- Tiempo estándar
 - Error de tiempo estándar
 - Cálculo de frecuencia de los elementos

Cálculo del tiempo estándar: para determinar el tiempo estándar se utiliza la siguiente formula:

$$T_s = T_n (1 + \% \text{ concesiones})$$

T_s = tiempo estándar

T_n = tiempo normal = tiempo cronometrado (T_c) multiplicado por el porcentaje de calificación del operario. Si la calificación del operario es 100 % entonces el T_c es igual al tiempo normal.

Tabla XIII. **Tabla Westinghouse**

Cuando el tiempo por pieza o ciclos: (horas)	Número mínimo de ciclos a estudiar		
	Actividades más de 10 000 por año	1 000 a 10 000	Menos 1 000
1,000	5	3	2
0,800	6	3	2
0,500	8	4	3
0,300	10	5	4
0,200	12	6	5
0,120	15	8	6
0,080	20	10	8
0,050	25	12	10
0,035	30	15	12
0,020	40	20	15
0,012	50	25	20
0,008	60	30	25
0,005	80	40	30
0,003	100	50	40
0,002	120	50	50
Menos de 0,002 horas	120	80	60

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Medición del trabajo*. p. 32.

Figura 35. **Calificación por nivelación Sistema *Westinghouse***

Destreza o habilidad

+0,15	A1	Extrema
+0,13	A2	Extrema
+0,11	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente
+0,06	C1	Buena
+0,03	C2	Buena
0,00	D	Regular
-0,05	E1	Aceptable
-0,10	E2	Aceptable
-0,16	F1	Deficiente
-0,22	F2	Deficiente

Esfuerzo o desempeño

+0,13	A1	Excesivo
+0,12	A2	Excesivo
+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente
+0,05	C1	Buena
+0,02	C2	Buena
0,00	D	Regular
-0,04	E1	Aceptable
-0,08	E2	Aceptable
-0,12	F1	Deficiente
-0,17	F2	Deficiente

Consistencia

+0,04	A	Extrema
+0,03	B	Extrema
+0,01	C	Excelente
0,00	D	Excelente
-0,02	E	Aceptable
-0,04	F	Deficiente

Condiciones

+0,06	A	Ideales
+0,04	B	Excelente
+0,02	C	Buenas
0,00	D	Regulares
-0,03	E	Aceptable
-0,07	F	Deficiente

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Medición del trabajo*. p. 33.

El promedio del desarrollo del proceso de extracción es 14,81 minutos, equivalente a 0,25 horas.

Con los datos anteriores se obtiene el número de observaciones en la tabla *Westinghouse*, porque el número de observaciones es igual a 6.

Tabla XIV. **Tiempo de operación del diseño en base al método *Westinghouse***

Ciclos (minutos)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Promedio
14,56	14,60	15,01	14,98	14,25	15,11	15,04	14,7	14,89	14,98	148,12	14,81

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

- Tiempo estándar de la operación: para determinar el tiempo estándar de la operación se toma un promedio de 14,8 minutos, usando un 18 % de concesiones y calificación del operario 100 %.

Tabla XV. **Tolerancias o concesiones para determinar tiempos estándares**

Destreza o habilidad	6
Esfuerzo o desempeño	5
Condiciones	4
Consistencia	3
	18

Fuente: elaboración propia.

- Calculo del tiempo estándar: para determinar el tiempo estándar se utiliza la siguiente formula:

$$T_s = T_n (1 + \% \text{concesiones})$$

T_s = tiempo estándar

$T_n =$ tiempo normal = tiempo cronometrado (T_c) multiplicado por el porcentaje de calificación del operario. Si la calificación del operario es 100 % entonces el T_c es igual al tiempo normal.

$T_s = 14,81 \cdot (1 + 0,18) = 17,47$ minutos, es la tiempo estándar que se de utilizar para la operación.

5.1.1. Interpretación

17,47 minutos, es el tiempo estándar que se de utilizar para la operación.

5.1.2. Aplicación

La implementación de la propuesta conlleva varios pasos para la identificación, caracterización y disposición final de los residuos para lo cual se ha realizado un cronograma de actividades para identificar la secuencia de las tareas a realizar.

Figura 36. Cronograma de actividades de la propuesta



Fuente: elaboración propia, empleando Project.

5.2. Ventajas y beneficios

Para establecer cada relación de inventario se procedió a calcular con los desechos de cartón, plásticos y papel, que son los que tienen mayor demanda y rotación.

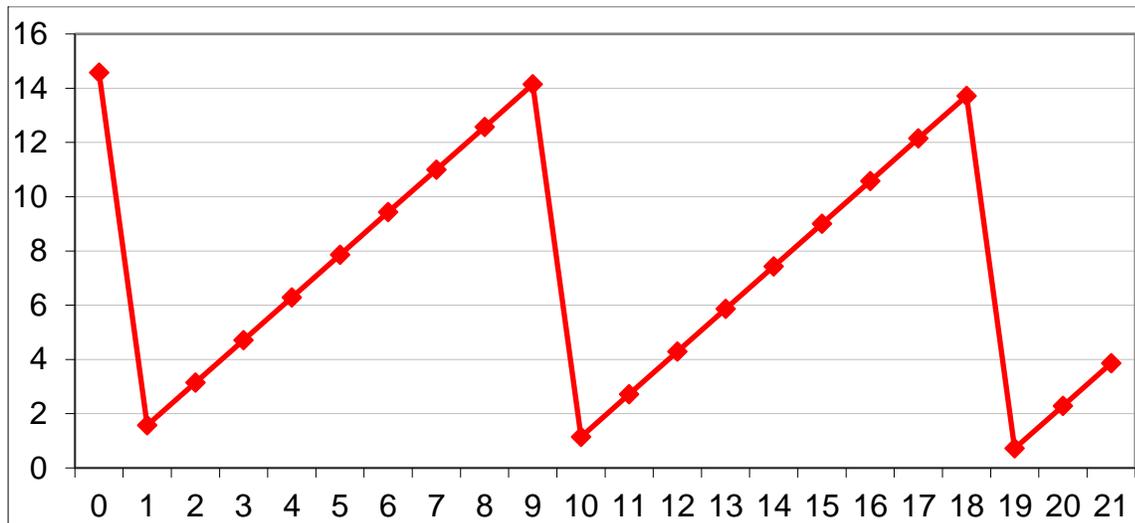
Tabla XVI. **Demanda de cartón reciclado**

TIEMPO (mes)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INVENTARIO INICIAL	45	37	29	21	19	13	10	7	45	34	31	28
DEMANDA	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
STOCK DE SEGURIDAD	10	10	10	10	10	10	10	7	1	10	10	10
INVENTARIO FINAL	37	29	21	19	16	10	7	1	34	31	28	15

En el mes 9 se programa el nivel de reorden, volviendo a colocar las unidades iniciales en el stock de seguridad.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 37. **Ciclo consumo de cartón reciclado, días versus kilogramos consumidos**



Día

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

5.3. Acciones correctivas

Se presenta la descripción del proceso de ingreso de residuos al centro de acopio, para llevar un control de las entradas y salidas de material.

Tabla XVII. **Proceso de ingreso a centro de acopio**

Actividad	Responsable
En el área de recolección se clasifica los desechos en base a la rotulación del contenedor, si todo los residuos están clasificados son embalados y trasladados al centro de acopio	Personal de centro de acopio
Se recibe la extracción de residuos	Personal de centro de acopio
Todo es evaluado nuevamente para establecer que no cuente con materias extrañas	Personal de centro de acopio
Es colocado en el lugar correspondiente por el tipo de residuos, ya sea plástico, cartón, papel, vidrio, materiales orgánicos y residuos no tratables.	Personal de centro de acopio

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Se presenta el formulario para la recepción de desechos al centro de acopio.

Figura 38. **Formulario de ingreso de desechos**

Aforo de Residuos Sólidos - Datos por												
Área de generación 1				Área de generación 3				Fecha:				
Área de generación 2				Área de generación 4								
Tipos de	Área de generación											
	1			2			3			4		
	Peso	Vol	%	Peso	(m3	%	Peso	(m3	%	Peso	Vol	%
1	Materia											
	Restos de alimentos fruta y verduras											
	Residuo de zona verde											
2	Papel											
	Periódic											
	Parafinad											
	Otro											
3	Cartó											
	Corrugad											
	Plegadiz											
	Sucio											
4	Plástico											
	PE											
	PV											
	Otro											

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Se presenta el formulario de salida para los residuos en el centro de acopio.

Figura 39. **Formulario de salida de desechos del centro de acopio**

Fecha	Tipo de residuo	Empresa recolectora	Logo de la empresa
Supervisa	Autoriza	Observaciones	
Kilogramos de desecho	Material peligro Si No	Tipo de tratamiento	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

5.4. Control de calidad

Para verificación del sistema de control de calidad se presenta las acciones a realizar área el plan de auditorías internas y externas a la empresa en estudio.

5.4.1. Auditorías internas

Se presenta el proceso de auditoría interna para la planta de producción.

Tabla XVIII. Auditoria interna

Proceso: todos los procesos	Área: todas las áreas	Fecha
Elaboro	Realizo	Aprobó
Responsable	Paso	Procedimiento
Jefe de control de calidad	1	<p>Planificar el programa anual de auditorías considerando:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Los resultados de auditorías anteriores. b. La complejidad de los procesos c. Los puntos críticos de control donde se pone de manifiesto los peligros relativos a la seguridad alimentaria <p>El programa anual de auditorías deberá contener al menos siguiente información: área o procesos a auditar.</p> <p>Cuando se programan las fechas de las auditorias se realiza un plan de auditoría interna que será anunciado al menos con una semana de anticipación a los auditados para que estos se preparen, comuniquen al personal a su cargo y puedan atender con efectividad la auditoria.</p> <p>El plan de auditoria se envía en un comunicado a los:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Código o referencia de la auditoria. b. Fecha de la auditoria c. Área o proceso a auditar d. responsables de las áreas a auditar e. Designación del o los auditores. f. Criterios de auditoria necesarios para realizarla g. Todos los recursos necesarios para llevar a cabo la auditoria h. Otros aspectos relevantes que se consideran para la eficaz realización de la auditoria i. Dicho programa debe tener temas, horas y fechas establecidas.

Continuación tabla XVII.

Equipo auditor	2	Todas las auditorías internas deben de iniciar con una reunión de apertura, la cual es precedida por el equipo auditor y debe de contar con la participación del personal del área o proceso a auditar. En la reunión inicial deben de confirmarse el objetivo de la auditoria, el alcance y la distribución de las actividades.
----------------	---	--

Proceso: todos los procesos	Área: todas las áreas	Fecha
Elaboro	Realizo	Aprobó
Responsable	Paso	Procedimiento
Equipo auditor	3	Finalizada la reunión de apertura el equipo auditor líder procede a realizar la auditoria en sitio. Como herramientas el equipo auditor puede elaborar check list en la cual se contemplen todos los requisitos a evaluar. El equipo auditor debe de notificar al evaluado cualquier hallazgo u observación que encuentre durante la auditoria.
	4	Para dar por finalizada la auditoria en sitio, el equipo auditor debe de realizar una reunión de cierre en donde se den a conocer los hallazgos y oportunidades de mejora de la auditoria y las conclusiones sobre el cumplimiento del SGC.
	5	El equipo auditor cuenta con 3 días hábiles para la elaboración del informe de auditoría, el cual debe de contener al menos: a. El objetivo, alcance y criterios de la auditoria. b. Nombre del auditado y del equipo auditor c. Lugar y fecha de la auditoria d. Conclusiones de la auditoria e. Hallazgos de la auditoria. El equipo auditor entrega el informe final al Jefe de Control de Calidad y al Jefe del área o proceso auditado.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

5.4.2. Auditorías externas

Son realizadas por auditores o consultores externos, los cuales son parte de la casa certificadora que avala a la empresa. Esto con el fin de tener un punto de vista más objetivo y ajeno a la institución, que pueda evaluar de manera efectiva e identificar con exactitud las fortalezas y debilidades del sistema y evaluar si es necesario realizar acciones correctivas.

- Verificación de optimización de espacio

Es posible verificarla mediante una revisión visual, en la cual se debe verificar que tanto las tarimas como la bodega de almacenamiento este a toda su capacidad, para que de esta forma el espacio disponible se utilice a totalidad.

- Verificación de rotación de producto

Se puede verificar mediante los sistemas de inventarios los cuales nos brindan información sobre el producto, como: donde se encuentra almacenado, fecha en la que se produjo, cantidad, entradas y salidas. El control de dicho inventario es el soporte del PEPS.

- Verificación del cumplimiento de procedimientos de almacenaje

La verificación se lleva a cabo de manera visual donde observemos la metodología del trabajador para mover, ubicar e ingresar material a la bodega y documental donde el personal de bodega será entrevistado acerca de sus labores diarias. Con esta información se debe comparar el estándar y validar si conocen todos los procedimientos necesarios para realizar su trabajo.

Tabla XIX. Hoja de control para auditoria

Área : bodega Fecha:	Auditor Hora										
Formato de auditoría interna <table border="0"> <tr> <td>1. Excelente</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>2. Muy bien</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>3. Bien</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>4. Regular</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>5. Mal</td> <td>20</td> </tr> </table> <p>Instrucciones: Colocar el número que corresponde a la puntuación deseada en el cuadro, y luego coloque sus observaciones</p>		1. Excelente	100	2. Muy bien	80	3. Bien	60	4. Regular	40	5. Mal	20
1. Excelente	100										
2. Muy bien	80										
3. Bien	60										
4. Regular	40										
5. Mal	20										
1. Como se encuentra el orden de la bodega Observaciones	<input type="text"/> <input type="text"/>										
2. La bodega se encuentra limpia Observaciones	<input type="text"/> <input type="text"/>										
3. Los productos se encuentran identificados con nombre y código según los estándares establecidos Observaciones	<input type="text"/> <input type="text"/>										
4. Se están utilizando los formatos de entrada y salida de productos para mantener todo movimiento del inventario registrado Observaciones	<input type="text"/> <input type="text"/>										

Continuación tabla XVII.

5. Los formatos de entrada y salida se encuentran archivados en orden Observaciones	<input type="checkbox"/>
6. El inventario semestral se realizó con éxito Observaciones	<input type="checkbox"/>
7. El inventario físico cuadra con el inventario del sistema Observaciones	<input type="checkbox"/>
Puntuación promedio Recomendaciones	<input type="checkbox"/>
Hora finalización	Firma de auditor

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

5.5. Optimización del proceso

El impacto que tendría en el ambiente de una mina hacerla sustentable y aprovechar más sus recursos requiere invertir para mejorar, en este caso el impacto en la productividad de la empresa será mayor y los Kpis arrojaran mejores datos en cuanto a la eficiencia y desperdicio.

La recuperación de producto calizo en la separación de residuos estériles los cuales se pueden utilizar en un recurso o producto diferente es importante que no esté contaminado con ningún químico, esto lo descartaría para recuperarlo por lo que tiene como limitante no usar explosivos para extraer la piedra caliza de la mina. Esto puede ocasionar que bajen los costos de producción por la compra de estos químicos.

El proceso de selección y separación como se mencionó en la metodología, se hace para el material grueso que no pueda ser trasladado al área de hidratación, por lo que será nuevamente trasladado a los hornos para su calcinación.

CONCLUSIONES

1. Tomando como base el estudio realizado se identificaron varias áreas en las cuales no se consideraba la gestión de residuos, debido que los operarios sin la dirección de los jefes de área no separan, e identifican cada restante para su reproceso, reuso o disposición final.
2. Los residuos inorgánicos en el área de empaque se pueden recolectar de forma manual debido que la mayor parte de insumos requeridos son los sacos para el llenado, los cuales deben ser apilados para ser trasladado al centro de acopio, ya ahí se identifica si el saco se puede reutilizar o pasa a reciclaje.
3. El estudio económico presentado es la perspectiva del flujo de caja proyectado de la inversión inicial para realizar las mejoras en las áreas de trabajo, este análisis se efectuó con el valor presente neto, tasa interna de retorno la cual nos indica la tasa ideal para el proyecto beneficio costo el cual refleja que la propuesta de mejora es viable.
4. La eficiencia del proceso se logrará, desde la selección de los residuos de la exploración y explotación del material en el cual se cataloga el tamaño de las rocas que se podrán pasar al área de trituración, a reproceso, a reuso en otras plazas.
5. Para la reducción de la merma en el área de producción, se debe mejorar el proceso de explotación en el cual se debe fundamentar en uso de maquinaria solo en las zonas de extracción, con la finalidad que el flujo del

proceso no se vea interrumpido por elementos en los lugares de tránsito de materia prima al área de trituración.

6. Lo máximo permitido de merma es el 2 % esto fue un valor que la gerencia general dio, debido que por el tipo de extracción siempre habrá piedras de diferentes tamaños y no todas se podrán utilizar para el proceso de producción de cal hidratada.
7. El uso de indicadores permite, evaluar el avance, los procesos de mejora y cuantificar unidades, valores, porcentajes para tener referencia de las pérdidas o ganancias en los procesos, como tiempo de operaciones, paros no programados, paros programados.

RECOMENDACIONES

1. Introducir las actividades de extracción y concentración del mineral que generan residuos mineros. Las características de estos residuos dependen del tipo de yacimiento y de las tecnologías de explotación y preparación utilizadas. Los residuos generados pueden clasificarse en dos tipos fundamentales: roca estéril (*waste rock*) y estériles de procesado del mineral (*tailings*).
2. Incluir el manejo de los residuos generados antes, durante y después del proceso de extracción no es controlado y terminan siendo escombro en lugares no adecuados o vertido en ríos. Esa clase de manejo puede generar enfermedades a largo plazo en las personas cercanas a estos ríos y los escombros amontonados pueden generar problemas de estabilidad por deslizamiento o volcamiento.
3. Fomentar a las empresas mineras a generar una minería sostenible es con procesos que les genere una mayor extracción del mineral de interés y reutilización de los residuos estériles.
4. Priorizar la minería sostenible de cal y la generación de residuos estériles, en el cual es importante cuatro procesos: la extracción en la mina, la selección del material grueso, el proceso trituración selección y el procesamiento metalúrgico.

5. Introducir procedimientos para pulverizar el material, debido que la variación del tamaño del residuo estéril desde bloques mayores a 20 cm hasta tamaño arcilla es necesario utilizar varias técnicas.
6. La clasificación del material fino se debe realizar por medio del tamizador conforme a la norma ASTM E11-09, ISO 565 e ISO 3310-1, posteriormente se analiza su composición por medio microscopio en el laboratorio.⁵

⁵ Norma ASTM C51, *terminología relacionada a la cal y la piedra caliza*

BIBLIOGRAFÍA

1. Congreso de la República de Guatemala, *Decreto numero 68-86. (1986). ley de protección y mejoramiento de medio ambiente*, artículo 12., inciso b [en línea]. <<https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6698.pdf>>. [Consulta: 13 de agosto de 2019].
2. _____. *Acuerdo Gubernativo 229-2014. Reglamento General sobre Higiene y Seguridad del trabajo*. [en línea]. <https://www.mintrabajo.gob.gt/images/Documentacion/Leyes_Ordinarias/Acuerdos_Gubernativos/Acdo_Gub_Reglamento_de_Salud_y_Seguridad_Ocupacional_229-2014.pdf>. [Consulta: 13 de agosto de 2019].
3. FONSECA, Alberto; MCACALLISTER, Mary; Fitzpatrick, P. *Measuring what? A comparative anatomy of five mining sustainability frameworks. Minerals Engineering*. [en línea]. <https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/4729/1/ARTIGO_MeasuringComparativeAnatomy.pdf>. [Consulta: 18 de octubre de 2019].
4. GARCIA RAMIREZ, Carlos; URIBE PORTILLA, Eliecer. *Caracterización geológica y mineralógica del yacimiento La Tosca (vetas, santander, Colombia): implicaciones para el procesamiento mineral de las minas auroargentíferas*. [en línea]. <<https://www.redalyc.org/pdf/3496/349631992004.pdf>>. [Consulta: 18 de octubre de 2019].

5. FETTES, Douglas; IGNEOUS Rocks. *A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Geological Magazine*. [en línea]. <https://www.researchgate.net/publication/234448684_Igneous_Rocks_A_Classification_and_Glossary_of_Terms>. [Consulta: febrero de 2020].

6. FLORES ORTIZ, Elizabeth. *Proceso de la cal en Caleras del sur*. Visita técnica en Caleras del sur. [El 15 de junio de 2019].

7. PAEZ ROJAS, Martha Liliana; HERRERA LOPEZ, Miguel M. *Caracterización físico-mecánica de los residuos estériles extraídos de la mina la Elsy ubicada en el Municipio de Vetas- Santander con el fin de implementarlo como agregado en pavimentos y concreto hidráulico* [en línea]. <https://www.researchgate.net/publication/327000730_Manejo_estrategico_de_la_produccion_de_residuos_esteriles_de_mineria_sustentable_utilizando_practicas_mineras_e_co-eficientes_en_Colombia>. [Consulta: febrero de 2020].

8. SANCHEZ Andrea; SANZ, José Luis; BIJMAS, Martijin; STAMS, Alfons. *Sulfate reduction at low pH to remediate acid mine drainage*. [en línea.] <https://www.researchgate.net/publication/259825288_Sulfate_reduction_at_low_pH_to_remediate_acid_mine_drainage>. [Consulta: febrero de 2020].

9. UCAR, Deniz; BEKMEZCI, Ozan; KAKSONEN, Anna; SAHINKAYA, Erkan. *Sequential precipitation of Cu and Fe using a three-stage sulfidogenic fluidized-bed reactor system*. [en línea].

<<https://daneshyari.com/article/preview/233876.pdf>>. [Consulta: abril de 2020].

10. SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN. *Señalización y código de colores para minería*. [en línea]. <https://www.goldfields.com.pe/SSYMA/procedimientos_control_riesgo_operacional/SSYMA-P10.02%20Se%C3%B1alizaci%C3%B3n%20y%20C%C3%B3digo%20de%20colores%20V5.pdf> [Consulta: abril de 2020].

APENDICE

Anexo 1. Datos técnicos de maquinaria y equipo.

Maquinaria/Equipo	Descripción
Trituradora de Impacto	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de producción: 3 tn/ hora • Capacidad de almacenamiento: 850mm • Materiales: Piedra Caliza, concreto • Aplicación: minas, cementeras y caleras.
Camión de Volteo	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo C11 ACERT • Carga total :50970 Kg • Carga útil clasificada: 28100 Kg • Tiempo de subida :12 Seg • Velocidad máxima :55.3 Km/h
Retroexcavadora	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo: 420E • Motor 3054C DIT, Diesel • Potencia Neta 89HP-&& Kw • Sistema Eléctrico 12V. • Operación Max.10.700KG 5,476mm • Capacidad del Cucharón 0.95M3 • Tanque de combustible 60GL
Envasadora de cal	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de envase: Bolsas/sacos con Válvulas • Rango de peso: 1-60kg • Velocidad de llenado: 15 sacos/min
Montacargas	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo: CAT serie G. • Capacidad: 2,000 kg. • Velocidad Máxima: 18 kilómetros • Elevación de las cuchillas: 2.5 metros • Peso :4,400 kg.

Fuente: elaboración propia, empleado en Word.

