



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

**MINIMIZAR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE UNA
RECUPERACIÓN DEL AGUA Y REDUCCIÓN DE EMISIÓN DE POLVO EN EL PROCESO DE
LAVADO DE AGREGADOS EN LA EMPRESA AGREGADOS DE GUATEMALA S.A.**

Marlon Estuardo Argueta Salazar

Asesorado por el Ing. José Francisco Gómez Rivera

Guatemala, febrero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MINIMIZAR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE UNA
RECUPERACIÓN DEL AGUA Y REDUCCIÓN DE EMISIÓN DE POLVO EN EL PROCESO DE
LAVADO DE AGREGADOS EN LA EMPRESA AGREGADOS DE GUATEMALA S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

MARLON ESTUARDO ARGUETA SALAZAR

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford de Hernández
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecún Castellanos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

MINIMIZAR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE UNA RECUPERACIÓN DEL AGUA Y REDUCCIÓN DE EMISIÓN DE POLVO EN EL PROCESO DE LAVADO DE AGREGADOS EN LA EMPRESA AGREGADOS DE GUATEMALA S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de febrero de 2010.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Marlon Estuardo Argueta Salazar

Guatemala, 9 de noviembre del 2011

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

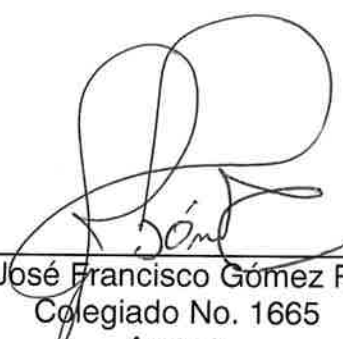
Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he asesorado y he revisado el trabajo de tesis titulado MINIMIZAR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE UNA RECUPERACIÓN DEL AGUA Y REDUCCIÓN DE EMISIÓN DE POLVO EN EL PROCESO DE LAVADO DE AGREGADOS EN LA EMPRESA AGREGADOS DE GUATEMALA S.A., elaborado por el joven estudiante Marlon Estuardo Argueta Salazar, con carné 2003-19972, previo a obtener el título de Ingeniero Industrial.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con los requisitos establecidos de la Facultad de Ingeniería y reconociendo la importancia del tema. Por todo lo anterior me permito APROBARLO, agregando que lo encuentro satisfactorio.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente.



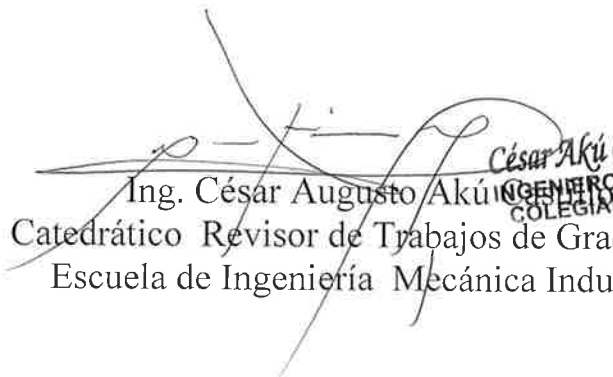
Ing. José Francisco Gómez Rivera
Colegiado No. 1665
Asesor

José Francisco Gómez Rivera
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 1665



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MINIMIZAR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE UNA RECUPERACIÓN DEL AGUA Y REDUCCIÓN DE EMISIÓN DE POLVO EN EL PROCESO DE LAVADO DE AGREGADOS EN LA EMPRESA AGREGADOS DE GUATEMALA S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Marlon Estuardo Argueta Salazar**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. César Augusto Akú **CÉSAR AKÚ CASTILLO MSc.**
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación **INGENIERO INDUSTRIAL**
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial **COLEGIADO No. 4,073**

Guatemala, febrero de 2012.

/mgp



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 **MINIMIZAR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE UNA RECUPERACIÓN DEL AGUA Y REDUCCIÓN DE EMISIÓN DE POLVO EN EL PROCESO DE LAVADO DE AGREGADOS EN LA EMPRESA AGREGADOS DE GUATEMALA S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Marlon Estuardo Argueta Salazar**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2012.

/mgp



DTG. 088.2012.

El Decano 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: **MINIMIZAR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE UNA RECUPERACIÓN DEL AGUA Y REDUCCIÓN DE EMISIÓN DE POLVO EN EL PROCESO DE LAVADO DE AGREGADOS EN LA EMPRESA AGREGADOS DE GUATEMALA S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Marlon Estuardo Argueta Salazar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 28 de febrero de 2012.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Creador de vida.
Mis padres	Elizabeth Salazar y Antonio Argueta (q.d.e.p.), por su apoyo y fe incondicional.
Mis hermanos	Douglas Rolando, Howard Antonio y Wendy Elizabeth, por ser mi fuerza en todo momento.
Mis hijos	Douglas Fernando y Michelle Elizabeth, mi razón de vivir.
Mi esposa	Karla Emperatriz, gracias por estar a mi lado.
Mis amigos	En especial a Francisco Reyes y Byron Selkin, ¡lo logramos!
Mi asesor	Ing. Francisco Gómez, ejemplo a seguir.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	
1.1. Inicios de la empresa Agregados de Guatemala S.A.	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Visión	2
1.2. Tipo de organización.	2
1.2.1. Organigrama.....	2
1.2.2. Descripción de puestos	3
1.2.3. Diagramas de proceso de planta.....	14
1.3. Definiciones y conceptos generales	21
1.3.1. Emisión de polvo	21
1.3.2. Tipos de emisión de polvo	21
1.3.3. Agregados y su uso.....	25
1.3.4. Mantenimiento	25
1.3.4.1. Tipos de mantenimiento	26
1.3.4.1.1. Correctivo.....	26
1.3.4.1.2. Correctivo planificado.....	26
1.3.4.1.3. Preventivo	26

3.1.7.	Diseño de tuberías	96
3.2.	Costos	106
3.2.1.	Recurso humano	107
3.2.2.	Materia prima.....	107
3.2.3.	Insumos por producto	108
3.2.4.	Costos de producción	109
3.2.4.1.	Costo por producto.....	111
3.2.5.	Costo de mantenimiento.....	113
3.2.6.	Costo de instalación	115
3.3.	Mantenimiento de equipo	117
3.3.1.	Preventivo.....	117
3.3.2.	Correctivo	118
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	
4.1.	Plan de acción	121
4.1.1.	Implementación del plan.....	121
4.1.1.1.	Planificación de actividades	121
4.1.1.2.	Topografía.....	127
4.1.2.	Entidades responsables	127
4.1.2.1.	Gerencia	128
4.1.2.2.	Producción	128
4.1.2.3.	Proyectos nuevos.....	129
4.2.	Implementación de aéreas	129
4.2.1.	Diagramas de proceso de planta mejorados	129
4.3.	Almacenaje de materia prima	136
4.4.	Transporte de materia prima	136
4.5.	Almacenaje de productos terminados.....	137
4.6.	Distribución y despacho de productos terminados	137
4.7.	Material de desecho	138

4.7.1.	Almacenaje de desecho	138
4.7.2.	Transporte de desecho	138
4.8.	Logística en el proceso	138
4.8.1.	Áreas señalizadas	138
4.8.2.	Manejo de clientes	139
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA	
5.1.	Resultados obtenidos	141
5.1.1.	Análisis financiero	141
5.1.2.	Insumos.....	144
5.2.	Ventajas, costo/beneficio	145
5.2.1.	Operacionales	145
5.2.2.	Económicos.....	147
5.3.	Acciones preventivas	148
5.3.1.	Seguridad industrial	148
5.3.2.	Operaciones.....	148
5.3.3.	Mantenimiento.....	149
5.3.4.	Administrativa.....	150
	CONCLUSIONES.....	153
	RECOMENDACIONES	155
	BIBLIOGRAFÍA	157

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Organigrama de planta	3
2. Diagrama de operaciones fabricación de agregados.....	15
3. Diagrama de flujo fabricación de agregados.....	18
4. Diagrama de recorrido fabricación de agregados	20
5. Secuencia de voladura	22
6. Carga de camiones.....	22
7. Cintas transportadoras	23
8. Traslado de material en carreteras	24
9. Emisión de polvo por escombreras.....	24
10. Trituradora de mandíbulas.....	35
11. Trituradora de eje horizontal	36
12. Trituradora de eje vertical	37
13. Criba vibratoria	38
14. Cavidades de oficina de jefe de departamento.....	44
15. Diseño final de iluminación oficina jefe de departamento	47
16. Cavidades de oficina planificador	48
17. Diseño final de iluminación oficina planificador.....	51
18. Cavidades de oficina supervisor	52
19. Diseño final de iluminación oficina supervisor	55
20. Cavidades de comedor	56
21. Diseño final de iluminación comedor	59
22. Cavidades de vestidores	60
23. Diseño final de iluminación vestidores.....	63

24.	Cavidades de baños.....	64
25.	Diseño final de iluminación baños	67
26.	Cavidades de oficina	68
27.	Diseño final de iluminación taller eléctrico.....	71
28.	Cavidades de área soldadura.....	72
29.	Diseño final de iluminación soldadura	75
30.	Tapones para oído	79
31.	Almohadilla o dona para oídos	79
32.	Casco para oído	79
33.	Medición de ruido por secciones taller automotriz.....	81
34.	Medición de ruido por área en planta de producción.....	82
35.	Proceso de trituración.....	87
36.	Funcionamiento interno de un cilindro lavador	88
37.	Cilindro lavador	89
38.	Funcionamiento mecánico del hidrociclón.....	91
39.	Partes del hidrociclón	91
40.	Filtros prensa.....	93
41.	Funcionamiento de bomba para sólidos.....	94
42.	Distribución de equipos de producción.....	95
43.	Vista de elevación para tuberías	97
44.	Vista de planta de tuberías	98
45.	Vista de planta tubería desde cilindro lavador hacia planta compacta	99
46.	Vista de planta y elevación desde planta compacta hacia tanques de sedimentación	101
47.	Vista de planta desde tanques contenedores a silos	102
48.	Vista elevación de tanques contenedores hacia silos	103
49.	Vista de perfil tuberías desde silos hacia filtros prensa	104
50.	Vista de elevación tuberías desde silos hacia filtros prensa.....	105
51.	Vista de planta de tuberías desde silos hacia filtros prensa	106

52.	Diagrama de actividades de montaje.....	123
53.	Diagrama de flujo mejorado fabricación de agregados.....	130
54.	Diagrama de operaciones mejorado fabricación de agregados.....	133
55.	Diagrama de recorrido fabricación de agregados	135
56.	Diagrama para ingreso de clientes a planta.....	140

TABLAS

I.	Funciones y requisitos del superintendente de planta	5
II.	Funciones y requisitos del jefe de mantenimiento.....	6
III.	Funciones y requisitos del planificador	7
IV.	Funciones y requisitos del supervisor de producción.....	8
V.	Funciones y requisitos del analista de control de calidad	9
VI.	Funciones y requisitos del mecánico de mantenimiento	10
VII.	Funciones y requisitos del operador de equipo móvil	11
VIII.	Funciones y requisitos del operador de trituración.....	12
IX.	Funciones y requisitos del ayudante	13
X.	Medición de iluminación	39
XI.	Consumo de materia prima mensual	40
XII.	Consumo de diesel mensual por áreas.....	40
XIII.	Consumo de agua mensual	41
XIV.	Consumo de energía eléctrica	41
XV.	Interpolación de cielo de oficina jefe de departamento	45
XVI.	Interpolación de suelo de oficina jefe de departamento	45
XVII.	Interpolación de utilización de oficina de jefe de departamento	46
XVIII.	Interpolación de cielo oficina de planificador.....	49
XIX.	Interpolación de suelo oficina de planificador	49
XX.	Interpolación de utilización oficina planificador	50
XXI.	Interpolación de cielo oficina supervisor	53

XXII.	Interpolación de suelo oficina supervisor	53
XXIII.	Interpolación de utilización oficina supervisor.....	54
XXIV.	Interpolación de cielo comedor	57
XXV.	Interpolación de suelo comedor.....	58
XXVI.	Interpolación de utilización comedor.....	59
XXVII.	Interpolación de cielo vestidores.....	61
XXVII.	Interpolación de suelo vestidores	61
XXIX.	Interpolación de utilización vestidores	62
XXX.	Interpolación de cielo baños	65
XXXI.	Interpolación de suelo baños	65
XXXII.	Interpolación de utilización baños.....	66
XXXIII.	Interpolación de cielo taller eléctrico.....	69
XXXIV.	Interpolación de suelo taller eléctrico.....	69
XXXV.	Interpolación de utilización taller eléctrico	70
XXXVI.	Interpolación de cielo soldadura	73
XXXVII.	Interpolación de suelo soldadura	73
XXXVIII.	Interpolación de utilización soldadura	74
XXXIX.	Medición de ruido por área en planta de producción	83
XL.	Costo de mano de obra	107
XLI.	Costo de materia prima	108
XLII.	Producción mensual notificada	108
XLIII.	Materia prima consumida	109
XLIV.	Insumos de materia prima por producto	109
XLV.	Producción mensual	110
XLVI.	Costo de materia primas.....	110
XLVII.	Costo de producción.....	110
XLVIII.	Producción mensual notificada.....	111
XLIX.	Costo de materias primas consumidas.....	111
L.	Costo por producto producido.....	112

LI. Distribución de costos de mantenimiento por áreas.....	113
LII. Costo de mantenimiento por equipos.....	114
LIII. Costo de mantenimiento preventivo.....	118
LIV. Estándar de colores de seguridad.....	139
LV. Proyección de consumo de materias primas	145
LVI. Beneficio versus perjuicio operacional del proyecto.....	146
LVII. Beneficios económicos de implementación de proyecto.....	147

GLOSARIO

AGREGUA	Agregados de Guatemala S.A.
A/C	Aire acondicionado
Interpolación	Cálculo matemático para hallar valores medios
Granulometría	Medición aplicable a los agregados
SAP	Sistema operativo de aplicaciones
HSI	Trituradora de eje horizontal
VSI	Trituradora de eje vertical

LISTA DE SÍMBOLOS

Db	Decibeles
Gal	Galones
°C	Grados centígrados
m	Metro
m³	Metro cubico
Mts	Metros

RESUMEN

Agregados de Guatemala, AGREGUA, es el primer productor de áridos de Guatemala, con catorce plantas repartidas en todo el país. Teniendo como principal cliente a la empresa Mixto Listo, primer productor de hormigón premezclado a nivel nacional.

En la capital y alrededores, AGREGUA posee varias plantas de producción de áridos, pero sin duda la más importante, por estar situada en el centro de la ciudad, es la planta ubicada en finca La Pedrera, zona 6.

En la producción de materiales para la construcción, el impacto ambiental que esta genera en las poblaciones aledañas, es de suma importancia, ya que de tener impacto negativo en la comunidad, las operaciones de planta pueden ser clausuradas; en caso contrario, si el impacto es positivo este promueve el producto y mejora las relaciones con los pobladores del lugar.

A través del paso del tiempo la producción de agregados se ha visto envuelta en varias mejoras en sus procesos; ya sea desde la extracción de la materia prima, transporte, almacenamiento y su producción; estas mejoras se han dado debido a la necesidad creciente del mercado, lo cual requiere que el volumen de productos terminados aumente de la misma manera.

La empresa Agregados de Guatemala, AGREGUA, no es indiferente al entorno cambiante de la producción, y a la medida que esta aumenta, también lo hace en sus niveles de contaminación, a causa de emisión de polvo durante su proceso. Un sistema de reducción de emisión de polvo puede considerarse

como la mejor opción para mitigar este problema, pero un sistema de riego en el proceso sólo crearía un distractor de contaminación, ya que un sistema de riego generaría consumo innecesario de agua y a su vez desechos sólidos a causa de la mezcla de agua y polvo (lodo), lo cual perjudica sobremanera a las comunidades o vecinos.

Se diseñó un sistema de captación y tratamiento de aguas residuales a través de un proceso de filtrado a presión, lo cual permite la recuperación del agua y su reutilización; así también un plan de manejo de desechos sólidos, el cual permitirá reducir de una mejor manera, el impacto que pueda generar la producción de agregados.

OBJETIVOS

General

Minimizar el impacto de la contaminación ambiental a través de una recuperación del agua y reducción de emisión de polvo en el proceso de lavado de agregados en la empresa Agregados de Guatemala S.A.

Específicos

1. Diseñar un conjunto de equipos que sean capaces de suprimir la emisión de polvo durante el proceso de lavado de agregados.
2. Prevenir demandas civiles por emisión de contaminantes nocivos para la salud, a la empresa Agregados de Guatemala S.A.
3. Crear herramientas de control para toma de decisiones y diseñar un sistema de seguridad ocupacional que se adecue a los riesgos operacionales generados por la implementación del proyecto.
4. Crear un plan de mantenimiento que aumente la disponibilidad de los equipos y prolongue su vida útil, dentro de la empresa.
5. Plantear un plan de contingencia en función de los índices financieros obtenidos, a través del análisis realizado.

6. Optimizar el uso de los recursos no renovables que utiliza el proceso de lavado de agregados.

INTRODUCCIÓN

La producción de agregados para la construcción ha tenido un crecimiento muy amplio en cuanto a la tecnología, políticas de seguridad y volúmenes de productos terminados disponibles para el mercado; a su vez, las leyes y políticas, en materia de medio ambiente, también han dado un giro muy importante, con la finalidad de preservar las áreas naturales y evitar la contaminación ambiental.

A medida que el volumen de producción aumenta, también lo hace la emisión de polvo y ruido; debido a ello, se toma la iniciativa de diseñar e implementar un plan que permitirá reducir dichas emisiones, las cuales, afectan a la comunidad aledaña y a los colaboradores de la organización.

En el primer capítulo se encuentra detallada la historia de la empresa Agregados de Guatemala S.A., su estructura, su tipo de organización laboral, así como también, los tipos de contaminación que en ella se producen.

En el segundo capítulo se abordan temas operacionales de la empresa, qué tipos de maquinaria poseen, ya sea en el área de producción o materias primas y el proceso productivo que manejan, y da a conocer de una manera más específica cuáles son los lugares en los que se genera la mayor contaminación ambiental.

El tercer capítulo plantea una solución a la problemática de la emisión de polvo, la cual se realiza a través de un sistema de aspersion dentro de los equipos, con la finalidad de aumentar el nivel de humedad y absorción del polvo

a través de ella; este sistema de aspersión genera un consumo de agua, ocasionando otro impacto al medio ambiente, debido al desperdicio de recursos no renovables; dicho desperdicio de agua es controlado con equipos de filtración, cuya función principal es recuperar más de un 70% del agua utilizada en el proceso de producción.

En los dos últimos capítulos se desarrolla la implementación misma de los equipos descritos anteriormente, desde la planificación de actividades, diseño y realización de planos, hasta la ubicación y funcionamiento del conjunto completo. Se proponen puntos de control y herramientas para la toma de decisiones, como los índices financieros, acciones preventivas de seguridad industrial y mantenimiento, y los indicadores clave de desempeño o KPI's (de sus siglas en inglés), como un plan de mejora continua, también se dan recomendaciones para los posibles resultados de los indicadores mencionados.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Inicios de la empresa en Guatemala

En Guatemala, un mercado de muchos retos, como de interesantes características demanda la existencia de una empresa sólida, que sea capaz de producir agregados, que puedan satisfacer la necesidad del sector de la construcción, con estándares de calidad mundial y abastecimiento garantizado; por ello, en marzo del 2004, nace Agregados de Guatemala (AGREGUA) aprovechando las fortalezas de 3 empresas líderes de la industria de construcción y enfilándose como el mejor y más grande productor del istmo.

Produciendo pedrín, arena, bases trituradas y otros agregados para diversos usos en construcción, AGREGUA ha logrado posicionarse en el mercado como la marca de mejor calidad, gracias a sus estrictos procesos productivos y utilización de la más moderna y eficiente tecnología disponible a nivel mundial.

1.1.1. Ubicación

Actualmente la planta central de Agregados de Guatemala se encuentra ubicada en la 15 av. 22-01 zona 6, interior Finca La Pedrera, Guatemala, Guatemala.

1.1.2. Misión

Proveer a los mercados de la región con los mejores agregados, productos y servicios relacionados basándose en los principios de responsabilidad social, integridad y excelencia, para satisfacer las necesidades de los clientes y de la comunidad.

1.1.3. Visión

Innovar la forma de construir, transformando lo más simple en algo útil.

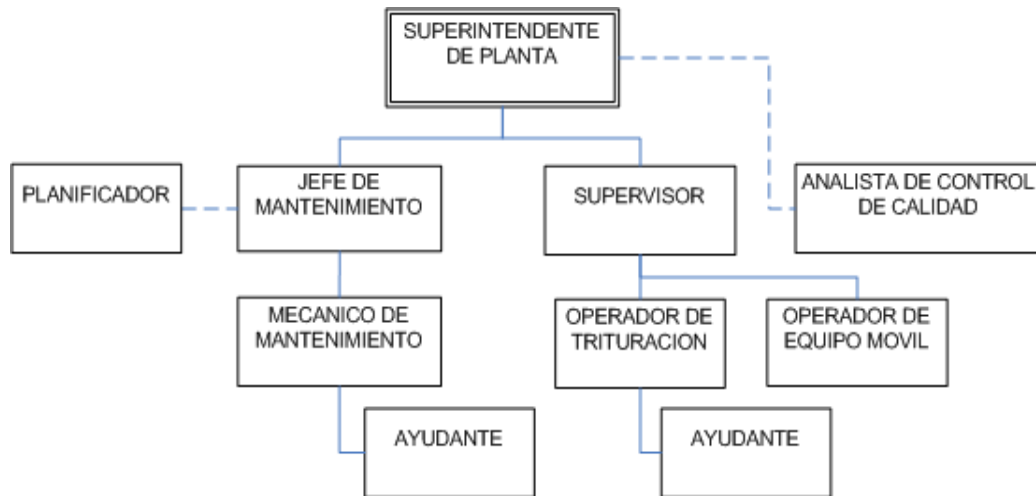
1.2. Tipo de organización

Se realiza un detalle de la estructura de la empresa, con la finalidad de definir los puestos involucrados, sus funciones y responsabilidades.

1.2.1. Organigrama

Describe los diferentes puestos que integran la estructura de la empresa, detalla las líneas de mando y jerarquía de los colaboradores.

Figura 1. Organigrama de planta



Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Descripción de puestos

Detalla de manera individual los puestos involucrados en las operaciones de planta, en estas, se incluye el horario que manejan, y el título del puesto; anotando al jefe inmediato superior; los puestos a detallar son los siguientes:

- Superintendente de planta
- Jefe de mantenimiento
- Supervisor de producción
- Planificador
- Analista de control de calidad
- Operador de equipo móvil
- Mecánico de mantenimiento

- Operador de trituración
- Ayudante

Tabla I. **Funciones y requisitos del superintendente de planta**

Título del puesto	Superintendente de planta	Código	
Gerencia	Operaciones	Reporta a	Gerente de operaciones
Jornada laboral	Tiempo completo		
Descripción de funciones críticas			
<ul style="list-style-type: none"> Planificar y organizar las actividades del personal de la planta con base en órdenes de producción y de acuerdo con los pedidos. 			
Ser responsable y llevar control de la producción de la planta (costos implicados, calidad del producto, tiempos de producción, vida útil de la maquinaria y equipo, etc.). <ul style="list-style-type: none"> 			
Administrar los procesos de laboratorio, trituración, soldadura y mantenimiento, para que se cumpla con las normas establecidas y con los tiempos proyectados de producción. <ul style="list-style-type: none"> 			
<ul style="list-style-type: none"> Elaborar y aprobar diversos reportes de producción, mantenimiento y ventas, entregándolos al jefe inmediato. 			
<ul style="list-style-type: none"> Velar porque el personal a su cargo cumpla con las normas de seguridad industrial. 			
Requisitos del puesto			
Educación	Título universitario en carrera afín al puesto: Ingeniería Mecánica y/o Ingeniería industrial.		
Idiomas	Es necesario saber inglés en nivel intermedio.		
Experiencia laboral	Tres (3) años en puestos similares como jefe de planta.		
Conocimientos	Windows, Office, mantenimiento y producción.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Funciones y requisitos del jefe de mantenimiento**

Título del puesto	Jefe de mantenimiento	Código	
Gerencia	Operaciones	Reporta a	Superintendente
Jornada laboral	Tiempo completo		
Descripción de funciones críticas			
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el cumplimiento de los mantenimientos programados y de emergencia. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Mantener la disponibilidad de planta y cumplimiento del plan de costo de producción. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar solicitudes de pedido, ingresos y reservas de materiales. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar reportes de tiempo y costos de los mantenimientos realizados. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar a través de SAP la creación y actualización de todos los puestos de trabajo. 			
Requisitos del puesto			
Educación	Título universitario en carrera afín al puesto: Ingeniería Mecánica o Ingeniería Industrial.		
Idiomas	Inglés a nivel intermedio.		
Experiencia laboral	Cuatro (4) años en puestos similares como jefe de taller.		
Conocimientos	Windows, Office, mantenimiento y producción.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Funciones y requisitos del planificador**

Título del puesto	Planificador	Código	
Gerencia	Operaciones	Reporta a	Jefe de mantenimiento
Jornada laboral	Tiempo completo		
Descripción de funciones críticas			
<ul style="list-style-type: none"> Planificar y realizar ordenes de trabajo de mantenimiento. 			
<ul style="list-style-type: none"> Ejecutar órdenes de mantenimiento y avisos en SAP, realizar reservas de materiales y reportes de análisis del uso de aceite del equipo móvil. 			
<ul style="list-style-type: none"> Notificar uso de combustible de todos los vehículos. 			
<ul style="list-style-type: none"> Realizar reportes de horas hombre para cada puesto de mantenimiento. 			
<ul style="list-style-type: none"> Realizar el control de cambios para las ubicaciones técnicas de los equipos de mantenimiento. 			
Requisitos del puesto			
Educación	Estudiante de Ingeniería Industrial o Mecánica.		
Idiomas	N/A		
Experiencia laboral	Requiere 3 años en puestos similares como jefe de taller.		
Conocimientos	Windows, Office, SAP, Visio y Project.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Funciones y requisitos del supervisor de producción**

Título del puesto	Supervisor de Producción		
Gerencia	Operaciones	Reporta a	Superintendente de planta
Jornada laboral	Tiempo completo		
Descripción de funciones críticas			
<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con la meta de producción establecida. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar reportes de paros, de fallas, de producción y horas laboradas por el personal. 			
<p>Supervisar la programación de reparaciones que se van a ejecutar,</p> <ul style="list-style-type: none"> • con el superintendente y el personal involucrado, mientras la planta no se encuentre produciendo. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar la inspección de áreas de acceso en cantera, procurando que se mantengan disponibles. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Revisar toda la planta, incluyendo bancos de material antes de dar inicio a las labores. 			
Requisitos del puesto			
Educación	Estudios de nivel medio en mecánica industrial.		
Idiomas	N/A		
Experiencia laboral	Tres (3) años en puestos similares como supervisor de producción.		
Conocimientos	Administración de cantera y producción.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Funciones y requisitos del analista de control de calidad**

Título del puesto	Analista de control de calidad		
Gerencia	Operaciones	Reporta a	Superintendente de planta
Jornada laboral	Tiempo completo		
Descripción de funciones críticas			
<ul style="list-style-type: none"> • Sacar muestras de producción, producto terminado y otros tomados de las bandas transportadoras. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Graficar los resultados de las pruebas efectuadas y entregar los informes al superintendente de planta, vendedores y/o clientes. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Llevar control y registro de todas las pruebas efectuadas a la materia prima y productos terminados. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar análisis físicos: calcular el peso, masa, tamaños del grano, grado de densidad y grado de absorción de los materiales analizados. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Efectuar comparaciones de los distintos resultados de las pruebas efectuadas del día actual, con el día anterior. 			
Requisitos del puesto			
Educación	Estudios de tercer año de la carrera de Ingeniería Civil.		
Idiomas	N/A		
Experiencia laboral	Dos (2) años en puestos similares como auxiliar de control de calidad.		
Conocimientos	Office, Windows y pruebas de control de calidad de agregados.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Funciones y requisitos del operador de equipo móvil**

Título del puesto	Operador de equipo móvil		
Gerencia	Operaciones	Reporta a	Supervisor de producción
Jornada laboral	Tiempo completo		
Descripción de funciones críticas			
<ul style="list-style-type: none"> • Estar atento visual y auditivamente de cualquier posible desperfecto de la maquina a utilizar y reportar al jefe inmediato las anomalías encontradas. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Recibir las instrucciones proporcionadas por el jefe inmediato para realizar las actividades diarias. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Llevar control de odómetro y gasto de combustible, al inicio y al final del turno. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar combustible cuando lo necesiten y llenar el tanque de diesel al equipo. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar limpieza en el área de trabajo (banco de materiales). 			
Requisitos del puesto			
Educación	Estudios de tercer grado básico. Deseable operador certificado por Caterpillar.		
Idiomas	N/A		
Experiencia laboral	Un (1) año en puestos similares en empresas afines, como operador de maquinaria pesada.		
Conocimientos	De mantenimiento y operación de maquinaria pesada.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Funciones y requisitos del mecánico de mantenimiento**

Título del puesto	Mecánico de mantenimiento		
Gerencia	Operaciones	Reporta a	Jefe de mantenimiento
Jornada laboral	Tiempo completo		
Descripción de funciones críticas			
<ul style="list-style-type: none"> • Efectuar inspecciones del buen funcionamiento de la maquinaria y equipo, realizando las correcciones necesarias. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar trabajo de acuerdo con el programa establecido de mantenimiento correctivo y preventivo de la planta. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Efectuar servicios de mantenimiento de acuerdo con la programación establecida. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Reparar diversos componentes de maquinaria estacionaria. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar informes de mantenimiento a traves de órdenes de trabajo. 			
Requisitos del puesto			
Educación	Estudios de secundaria completa en área de mecánica industrial.		
Idiomas	N/A		
Experiencia laboral	Tres (3) años en puestos similares en empresas afines, como mecánico industrial.		
Conocimientos	De soldadura y mantenimiento de maquinaria industrial.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Funciones y requisitos del operador de trituración**

Título del puesto	Operador de trituración		
Gerencia	Operaciones	Reporta a	Supervisor de producción
Jornada laboral	Tiempo completo		
Descripción de funciones críticas			
<ul style="list-style-type: none"> Operar controles de la maquinaria de trituración (primaria, secundaria y terciaria). Estar atento a que no falte material para triturar y solicitarlo a través del jefe inmediato. 			
<ul style="list-style-type: none"> Revisar el estado de la maquinaria antes de operar, niveles de aceite, sistemas de tracción, tuberías, etc., así como notificar al mecánico las reparaciones necesarias. 			
<ul style="list-style-type: none"> Coordinar la descarga de los camiones en las tolvas y regular el paso del material dentro de la trituradora. 			
<ul style="list-style-type: none"> Realizar limpieza en el área, cuando la maquinaria esté parada. 			
<ul style="list-style-type: none"> Elaborar reportes de producción y mantenimientos realizados. 			
Requisitos del puesto			
Educación	Estudios de tercero básico.		
Idiomas	N/A		
Experiencia laboral	Un (1) año en puestos similares en empresas afines, como operador de equipo de trituración.		
Conocimientos	De maquinaria industrial.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Funciones y requisitos del ayudante**

Título del puesto	Ayudante		
Gerencia	Operaciones	Reporta a	Supervisor de producción
Jornada laboral	Tiempo completo		
Descripción de funciones críticas			
<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de maquinaria en general. Él le informa al operador si alguna pieza de la planta está en mal estado. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de rodos de bandas transportadoras y cambio de piezas, verificar que no derramen material y colocar hule en rodos. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar al mantenimiento de otras plantas cuando sea requerido por el jefe inmediato. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Cubrir al operador de trituración, durante la refacción y almuerzo. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Mantener el área limpia. Utilizar palas y azadón para limpieza de materiales en el área de trituración. 			
Requisitos del puesto			
Educación	Diploma de 6to. Primaria mínimo.		
Idiomas	N/A		
Experiencia laboral	Un (1) año como ayudante de albañil, o ayudante de soldador.		
Conocimientos	Albañilería y trabajos de construcción.		

Fuente: elaboración propia.

1.2.3. Diagrama de procesos de planta

Describen de forma detallada las actividades a realizar durante las operaciones, con la finalidad de determinar tiempos de producción efectivos y posibles mejoras al sistema.

Los diagramas de procesos a utilizar son los siguientes:

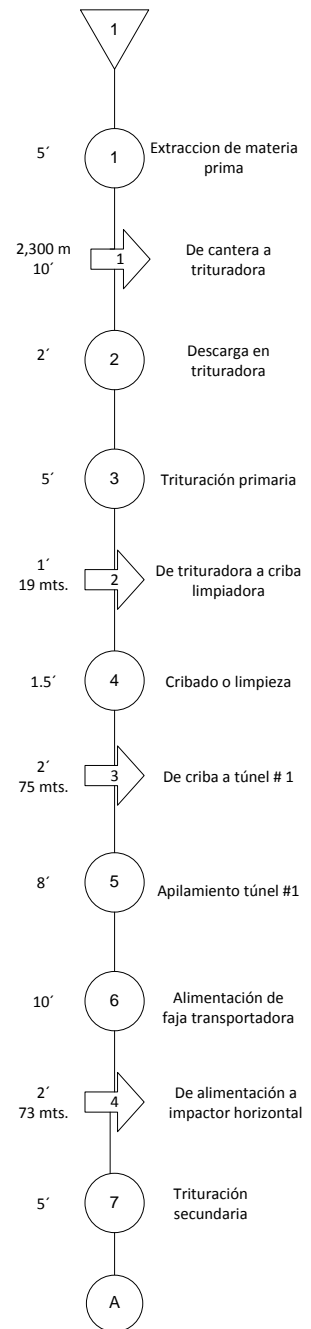
- Diagrama de operaciones
- Diagrama de flujo
- Diagrama de recorrido

Dichos diagramas serán presentados en las figuras 2, 3 y 4 respectivamente.

Figura 2. Diagrama de operaciones fabricación de agregados

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
 Departamento: Ingeniería
 Analizado por: Marlon Argueta
 Inicia: Cantera

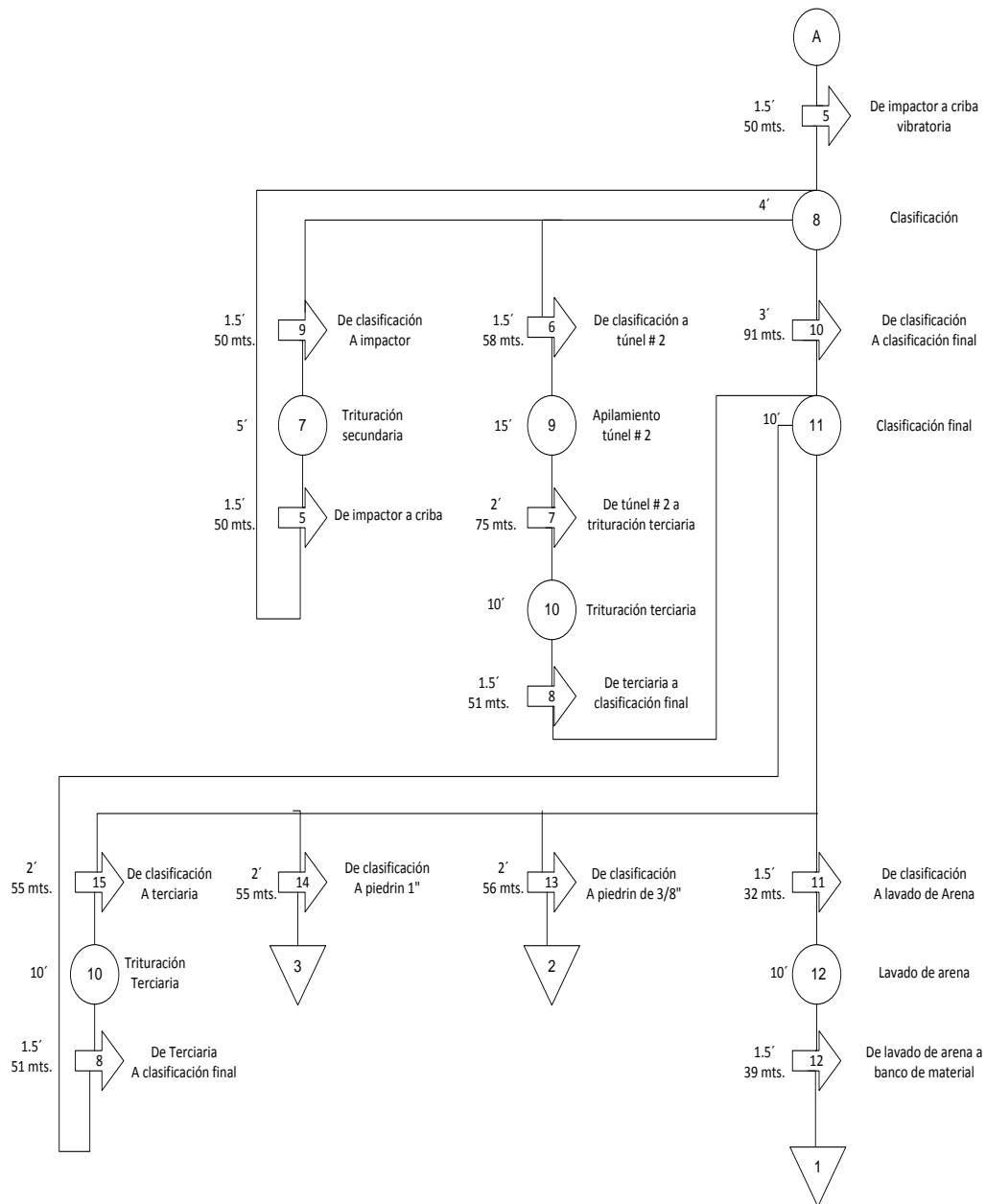
Hoja: 1/3
 Fecha: 01.02.11
 Método: Actual
 Fin: Producto terminado



Continuación de figura 2.

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
 Departamento: Ingeniería
 Analizado por: Marlon Argueta
 Inicia: Cantera







Hoja: 2/3
 Fecha: 01.02.11
 Método: Actual
 Fin: Producto terminado



Continuación de figura 2.

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
Departamento: Ingeniería
Analizado por: Marlon Argueta
Inicia: Cantera

Hoja: 3/3
Fecha: 01.02.11
Método: Actual
Fin: Producto terminado

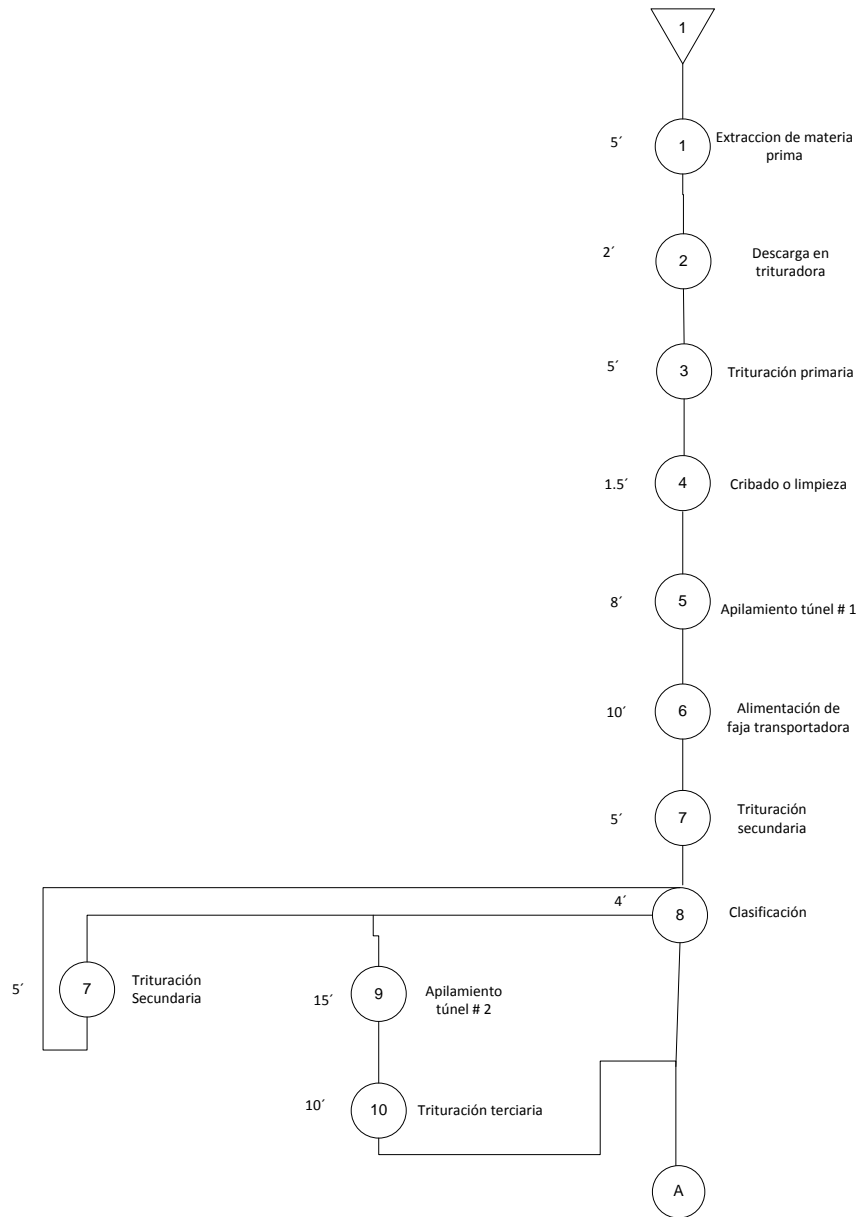
RESUMEN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO
Proceso		12	85.5'
Recorrido		15	35'
Demora		0	0
Inspección		0	0
Operaciones combinadas		0	0
Almacenaje		BMP =1 BPT= 3	0
Sumatoria para producción de 3 batch			120.5

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Diagrama de flujo fabricación de agregados

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
Departamento: Ingeniería
Analizado por: Marlon Argueta
Inicia: Cantera

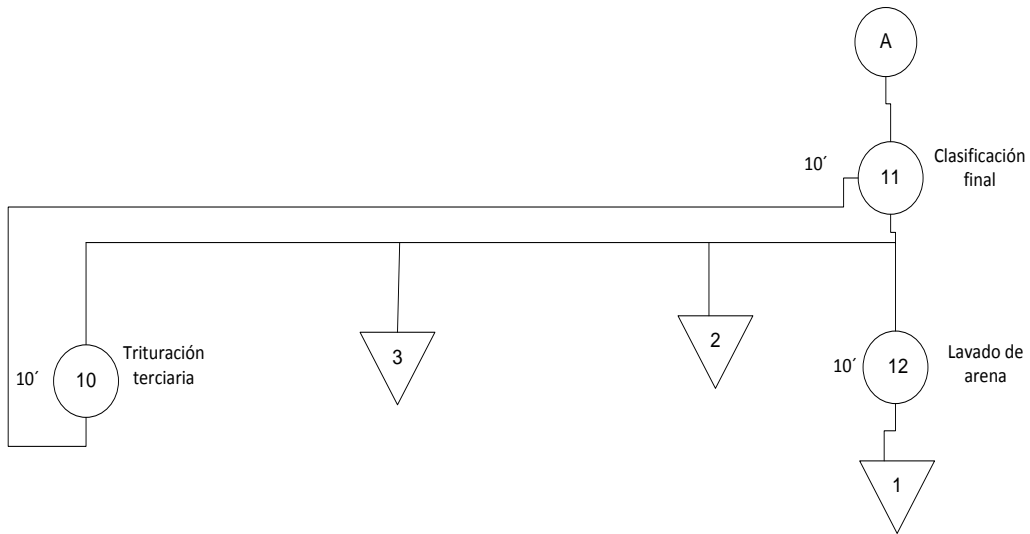
Hoja: 1/2
Fecha: 01.02.11
Método: Actual
Fin: Producto terminado



Continuación de figura 3.

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
 Departamento: Ingeniería
 Analizado por: Marlon Argueta
 Inicia: Cantera

Hoja: 2/2
 Fecha: 01.02.11
 Método: Actual
 Fin: Producto terminado



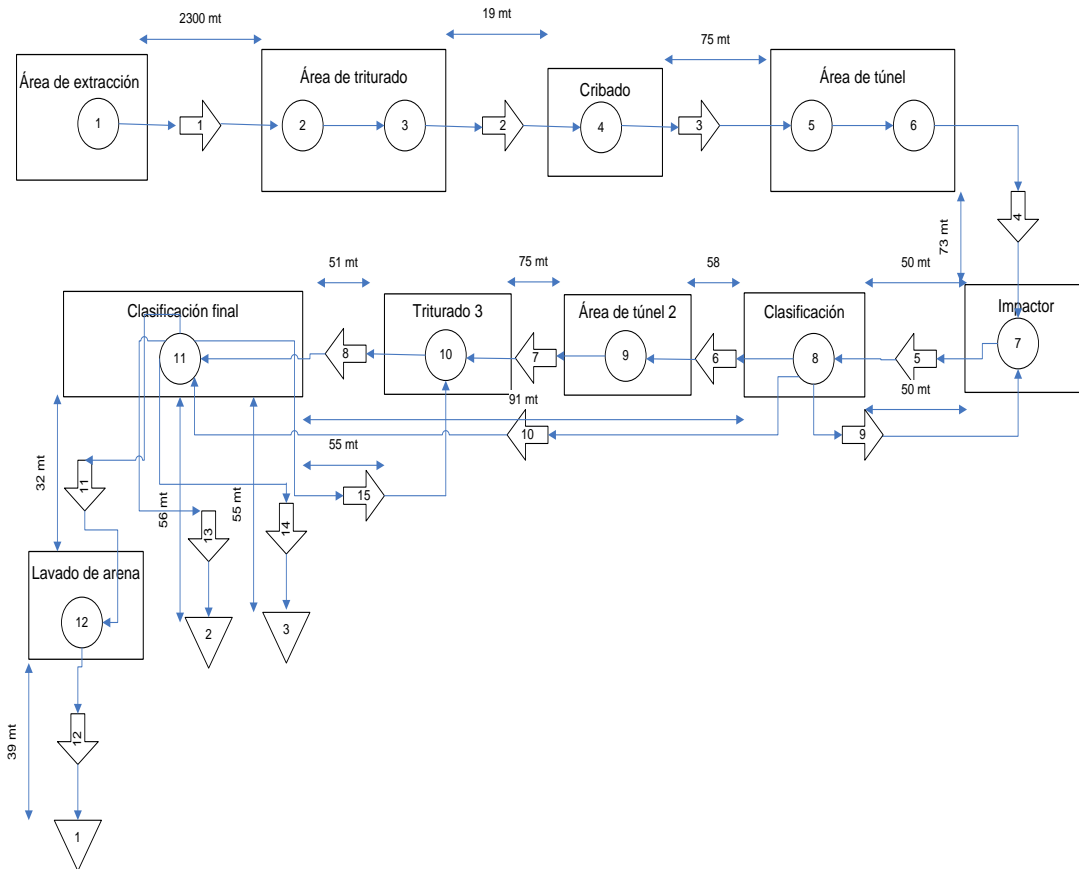
RESUMEN			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO
Proceso	○	12	85.5'
Recorrido	➔	0	0
Demora	◐	0	0
Inspección	□	0	0
Operaciones combintadas	◻	0	0
Almacenace	▽	BMP =1 BPT= 3	0
Sumatoria para producción de 3 batch			85.5'

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Diagrama de recorrido fabricación de agregados

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
 Departamento: Ingeniería
 Analizado por: Marlon Argueta
 Inicia: Cantera

Hoja: 1/3
 Fecha: 01.02.11
 Método: Actual
 Fin: Producto terminado



Fuente: elaboración propia.

1.3. Definiciones y conceptos generales

A continuación se describen definiciones importantes en el estudio de contaminación ambiental.

1.3.1. Emisión de polvo

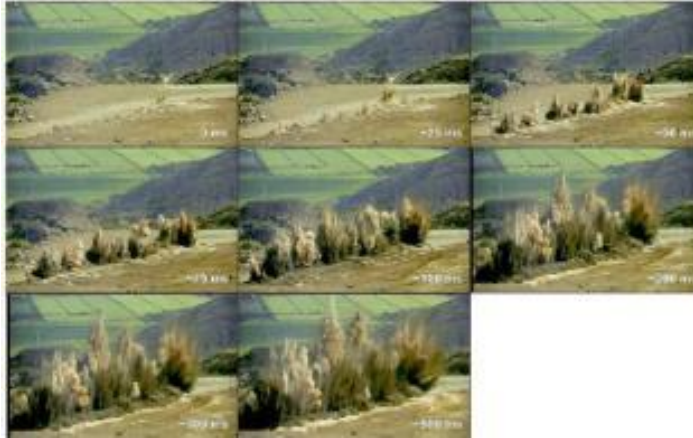
Se entiende por emisión de polvo, a la producción o expulsión de residuos muy pequeños de tierra seca, a través de diversos procesos mineros o naturales, de las cuales, serán los procesos mineros los de mayor interés.

1.3.2. Tipos de emisión de polvo

El polvo generado por los procesos mineros puede proceder de distintas fuentes:

- Voladura y arranque: el suelo es perforado a lo largo de una área determinada; estas perforaciones se rellenan con materiales explosivos, los cuales, al ser detonados generan una onda de choque, que atraviesa toda el área perforada y provoca el desprendimiento o arranque de roca seca. Este tipo de emisión puede ser controlada a través del buen manejo del explosivo que se va a utilizar, pero no puede ser evitada.

Figura 5. **Secuencia de voladura**



Fuente: planta AGREGUA zona 6

- **Carga:** esta emisión se genera a través del acarreo de material suelto (puede ser obtenido por una voladura o arranque); un equipo se encarga de recoger o extraer dicho material y lo carga en camiones de volteo. La emisión puede ser controlada a través de la buena operación del equipo, dicha emisión no es significativa.

Figura 6. **Carga de camiones**



Fuente: planta AGREGUA zona 6

- Transporte: la roca se traslada en cintas transportadoras, el viento levanta o arrastra un volumen significativo de polvo; esta emisión puede evitarse a través del humedecimiento del material transportado, o utilizando cintas cerradas. Si el transporte es en vehículos, se puede producir una doble emisión de polvo: la relacionada con el escape de polvo procedente de la propia carga, y el polvo levantado durante la rodadura del vehículo. Ambos son relativamente sencillos de controlar, en un caso recubriendo la carga; en el otro, regando las pistas de rodadura.

Figura 7. **Cintas transportadoras**



Fuente: planta AGREGUA zona 6

Figura 8. **Traslado de material en carreteras**



Fuente: planta AGREGUA zona 6

- Disposición en escombreras: el almacenamiento del agregado representa un riesgo potencial de emisión; la escombrera o depósito debe tratarse de alguna forma para prevenir que el viento levante polvo de la misma, una forma muy útil puede ser tapando el depósito.

Figura 9. **Emisión de polvo por escombreras**



Fuente: planta AGREGUA zona 6

- Polvo mineral: es el más común, y puede ser muy variado en sus características: su composición dependerá de la del material minero explotado, mientras que su granulometría tendrá que ver por una parte con la composición, y por otra, con el proceso minero que lo genere: será más grueso el levantado durante las voladuras, y más fino el procedente de procesos de molienda y subsecuentes.

1.3.3. Agregado y su uso

Se entiende como agregado a una amplia categoría de partículas utilizadas dentro de la construcción, estas pueden ser de arena, grava, piedra machacada y concreto reciclado; es un complemento que sirve para agregar fuerza al material compuesto total, utilizado en cualquier tipo de construcción u obra civil.

Existe un listado exhaustivo de la utilización que se le puede dar al agregado, que, por su diseño individual, es más conveniente para los propósitos específicos de la construcción.

Estos productos incluyen tipos específicos gruesos y finos, diseñados para las aplicaciones tales como: base estable en la fundición de caminos (para prevenir el diferencial que coloca debajo del camino que se construye), suplemento barato de agarre para el cemento, o bien como un asfalto de mayor precio para formar el concreto, mezclas de hormigón.

1.3.4. Mantenimiento

Todos los equipos requieren de un mantenimiento, por lo que el mismo se detalla en la siguiente sección.

1.3.4.1. Tipos de mantenimiento

El mantenimiento, según su naturaleza de ejecución o tiempo de respuesta, puede ser clasificado de distintas formas, las cuales se describen a continuación.

1.3.4.1.1. Correctivo

Este tipo de mantenimiento es aquel que se realiza después de ocurrida la falla en un equipo, por lo que se deben corregir todos los componentes fallidos en el evento. La reparación debe llevarse a cabo con la mayor brevedad, para evitar que se incrementen los costos, que se reduzca la disponibilidad e impedir daños materiales y humanos.

1.3.4.1.2. Correctivo planificado

Prevé lo que se hará antes de parar el equipo; la falla ya ha sido detectada, de manera que cuando se realiza la reparación, ya se dispone de los repuestos, de la documentación necesaria y del personal técnico asignado con anterioridad en una programación de tareas. Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto.

1.3.4.1.3. Preventivo

Es diseñado para prever o anticipar las fallas de las máquinas o equipos; para ello, utiliza una serie de Datos: sobre sistemas y subsistemas e inclusive repuestos. Permite crear un programa con frecuencias calendario o uso de equipo, para realizar el cambio de componentes previo a la falla; permite

detectar fallas repetitivas, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de los equipos y disminuir costos de reparaciones.

1.3.4.1.4. Predictivo

Es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros, las condiciones de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de prealarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar.

1.3.5. Contaminación ambiental

A medida que pasa el tiempo, la preocupación por el medio ambiente ha aumentado considerablemente, por ello, se describen los tipos de contaminación, para poder entender sus orígenes y, a su vez, la forma de reducirla o evitarla.

1.3.5.1. Tipos de contaminación

Se entiende por contaminación, a la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas; en este caso se enfocará el estudio a la contaminación del aire y del agua, así como a establecer sus principales contaminantes:

- Contaminación del aire: es la que se produce como consecuencia de la emisión de sustancias tóxicas. Puede causar trastornos, tales como ardor en los ojos y nariz, irritación de garganta y problemas respiratorios.

- Contaminación del agua: es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud. Se considera que el agua está contaminada, cuando sus propiedades físicas, químicas o biológicas se ven alteradas.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción del producto

Se entiende por agregado a todo aquel material lítico que es debidamente fragmentado y clasificado, para ser incorporado a una mezcla asfáltica o para concretos; cuyo propósito es para rellenar u ocupar volumen, prestando tracción a la mezcla.

2.1.1. Materia prima

La piedra caliza o carbonato de calcio es el material principal para la producción de agregados de alta calidad; esto se debe a que contiene un alto porcentaje de calcita -el cual le da estabilidad química a la piedra caliza-, materiales trípticos, como cuarzo o arcilla, lo que puede aportar un color más oscuro que el de la piedra caliza más pura.

La caliza es una piedra sedimentaria porosa formada principalmente por carbonatos; cuando tiene alta proporción de carbonatos de magnesio se le conoce como dolomita.

Generalmente lo que se utiliza del conglomerado son los clastos (roca caliza); los de menor tamaño son empleados como grava para la construcción en losas y pisos; los conglomerados más grandes son empleados para mamposterías y construcción de muros; además, en algunos casos, se emplea como ornato en fachadas de casas.

El uso de las rocas calizas es muy extenso, su mayor utilización es en la construcción; si se calcina se puede producir cal viva; se utiliza en la fabricación del cemento, como grava y arena (fragmentada) en la elaboración del concreto. Es materia prima para la industria del cemento Portland, cal hidratada, calcita, construcción, mármol, agricultura y agregados pétreos.

2.1.2. Producto terminado

A continuación se describe el proceso para cada producto terminado.

- Piedrín: para su fabricación se siguen las normas ASTM, con las cuales se obtienen las siguientes granulometrías:
 - Grava-piedrín 1 ½" No. 4
 - Grava-piedrín 1" No. 56
 - Grava-piedrín 1" No. 57
 - Grava-piedrín 3/8" No. 8

- Arena: ya sea triturada de caliza o basalto, puede ser sometida a un tratamiento de lavado para eliminar partículas finas y obtener la mejor arena lavada, altamente demandada para concretos de mejor calidad.
 - Arena triturada lavada
 - Arena natural
 - Arena triturada

- Base triturada: se pueden producir de diversas medidas, las cuales, contienen partículas finas que permiten mejor adhesión, para ciertas mezclas, se encuentran las medidas siguientes.

- $\frac{3}{4}$ " – 0"
 - $\frac{1}{2}$ " – 0"
 - $\frac{3}{8}$ " – 0"
 - $\frac{1}{4}$ " – 0"
- Otros productos: se cuenta con el servicio de trituración de otros productos tales como: cerámica, yeso y cualquier otro material que requiera ser reducido a diversas dimensiones; dicho servicio se presta en cualquier sede de la empresa o bien en el sitio que el cliente determine.

2.2. Equipos a utilizar

Para la producción de agregados para la construcción se requieren de diversos equipos y maquinarias, los cuales serán descritos a continuación.

2.2.1. Maquinaria

Para la fabricación de agregados se cuenta con diversos tipos de maquinaria, entre estas se tiene:

- Trituradora de mandíbula de doble efecto o "*Blake*": una de las mandíbulas se mueve respecto de la otra fija para triturar la roca, un motor mueve el excéntrico unido a una biela, un motor mueve el excéntrico unido a una biela, que transmite la fuerza a la mandíbula, por medio de dos tejas que son multiplicadores de fuerza.
- Trituradora de rotores de eje horizontal: se suelen utilizar de uno o dos rotores, que consisten en tambores de acero recubiertos de placas de desgaste reemplazables. Los rotores giran dentro de una carcasa que

lleva una serie de placas o barrotes cuya posición puede ser, en muchos casos, ajustada a un valor requerido.

- Trituradoras giratorias: puede operar a mayores velocidades debido a que se alimenta de material más fino, son muy sensibles a la humedad, ya que la roca no puede salir, sin, al menos, haber sido triturada una vez entre la zona del cóncavo y nuez, o eje giratorio; se asegura que las dimensiones del grano es igual o menor a la abertura existente en la caída de la trituradora. El mecanismo de regulación de la abertura consiste en que el cóncavo va soportado en una pieza que está roscada sobre una parte de la estructura soporte y se puede variar de esta forma su posición relativa respecto de la nuez.
- Bandas transportadoras: es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda que se mueve entre dos tambores: un tambor de tracción, accionado por un motor, y un tambor de cola, que gira libre en el extremo opuesto; la banda es transportada por rodillos entre ambos tambores, el material se traslada en dirección del rodo de tracción y cae por efectos de gravedad según la velocidad de la faja, donde la banda gira y da vuelta en sentido contrario.
- Cargador frontal: se compone de un tractor sobre neumáticos o sobre orugas, siendo el más utilizado el de neumáticos para sectores regularmente planos o con pendiente baja; además de poseer el caso de una articulación, este último está equipado de una cuchara cuyo movimiento de elevación se logra mediante dos brazos laterales articulados. La cuchara por sí misma puede realizar un movimiento de rotación de cierta amplitud alrededor de un eje horizontal, con, incluso,

inclinación negativa de la cuchara. Todos los movimientos son mandados por cilindros hidráulicos.

- Retroexcavadora: es una máquina que se utiliza habitualmente en las excavaciones de terrenos; la máquina hunde sobre el terreno una cuchara con la que arranca los materiales que arrastra y deposita en su interior; el chasis puede estar montado sobre cadenas o llantas, en el caso de este último también cuenta con gatos hidráulicos para fijar el equipo.
- Tractores: es un vehículo especial autopropulsado que se usa para arrastrar o empujar remolques, ásperos u otra maquinaria o cargas pesadas. Hay tractores destinados a diferentes áreas como: la agricultura, construcción, movimiento de tierras o el mantenimiento de espacios verdes profesionales. Consta de una pala o *Bull Dozer* para empujar el material hasta un punto determinado.
- Cribas vibratorias: es una serie de tamices, apilados unos sobre otros; se coloca el más fino debajo y el de mayor abertura arriba. Este equipo cuenta con un motor que le permite desplazamiento y vaivén horizontal, de modo que el material en la criba superior pase a las cribas más finas o de abertura más pequeña, separando los diferentes tamaños de partículas.

2.2.2. Herramientas

En el proceso de producción se utilizan diferentes tipos de accesorios de banco y máquinas herramienta tales como:

- Martillo
- Llaves mixtas

- Vice Grip
- Máquina soldadora y oxicorte
- Extractores de cojinetes
- Barreno y pulidora
- Torquímetros
- Vernier y micrómetro

2.3. Proceso de producción

A continuación se describen los pasos a considerar en un proceso de producción de agregados, estos pueden variar según la materia prima con la que se cuenta.

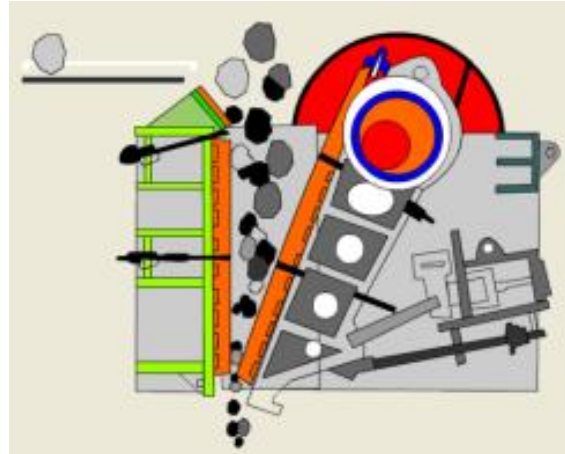
2.3.1. Trituración primaria

Es un proceso de reducción de materiales; dicha reducción se logra a través del uso de quebrantadoras o trituradoras de mandíbulas, las cuales se componen de una mandíbula fija y una móvil, que se abre y cierra en un movimiento oscilatorio. El material extraído o materia prima, es depositado en una tolva, la cual, abastece la entrada de material hacia la trituradora; el movimiento de la misma, compacta y libera el material depositado y cae por gravedad hasta el final de la maquinaria; la entrada puede variar entre 40" y 0" para la entrada o abastecimiento y una salida de 6" a 0".

Los productos obtenidos de esta trituración se clasifican en un tamiz vibrante, zaranda o criba vibratoria; esta clasificación se realiza con el objeto de separar las partículas de menor tamaño de las más grandes. Las partículas de mayor tamaño son depositadas o almacenadas al inicio de una cinta

transportadora la cual se encargará de abastecer a las trituradoras secundarias; las partículas más finas son desechadas del proceso.

Figura 10. **Trituradora de mandíbulas**



Fuente: <http://www.neopolis.com/> /trituradora-de-mandíbulas. Marzo 2011.

2.3.2. **Trituración secundaria**

En este proceso, el abastecimiento de entrada se encuentra en un sistema de concentración o almacenaje, sus medidas oscilan entre de 6" a 1 ½"; debido a la trituración primaria, el material se suministra a través de un sistema de paletas hacia bandas transportadoras, las cuales, alimentan la trituradora secundaria.

La trituradora secundaria, para este proceso, será una trituradora horizontal, H.S.I. (*Horizontal Shaft Impactor*) o impactor de eje horizontal –de sus siglas en inglés-, la diferencia entre estas trituradoras y las utilizadas en la trituración primaria, es su velocidad; estas operan a una velocidad aproximada de 500 rpm, y la abertura de salida de los productos triturados es menor (de 1"

a 0"). La caliza que ingresa a la trituradora, choca con los ejes o martillos, cuyo movimiento horizontal provoca la conminución del material dentro del equipo.

Figura 11. **Trituradora de eje horizontal**



Fuente: www.metso.com. Marzo 2011.

2.3.3. Trituración terciaria

Recibe su material de entrada de la trituración secundaria, puede recibir producto de hasta 1 ½" y reduce el material a tamaños menores a ¼"; utiliza trituradoras de rodillos, conos y de impacto, así como también trituradoras de eje vertical; dichas trituradoras reciben el material de entrada y lo hacen girar dentro de sí misma, provocando choque entre todos los fragmentos de caliza, lo cual, ayuda a generar mayor cantidad de aristas en el material de salida; es muy similar al funcionamiento de una licuadora.

La finalidad de esta fase de trituración es hacer más eficiente el proceso, ya que el material de entrada, hacia la trituradora, es de menor medida y por lo consiguiente más fácil de manipular. Opera bajo el mismo principio de la trituración secundaria, con la diferencia que el producto de salida es enviado a

cribas o zarandas vibratorias, para su clasificación, y de ser necesario, para ser trituradas nuevamente.

Figura 12. **Trituradora de eje vertical**

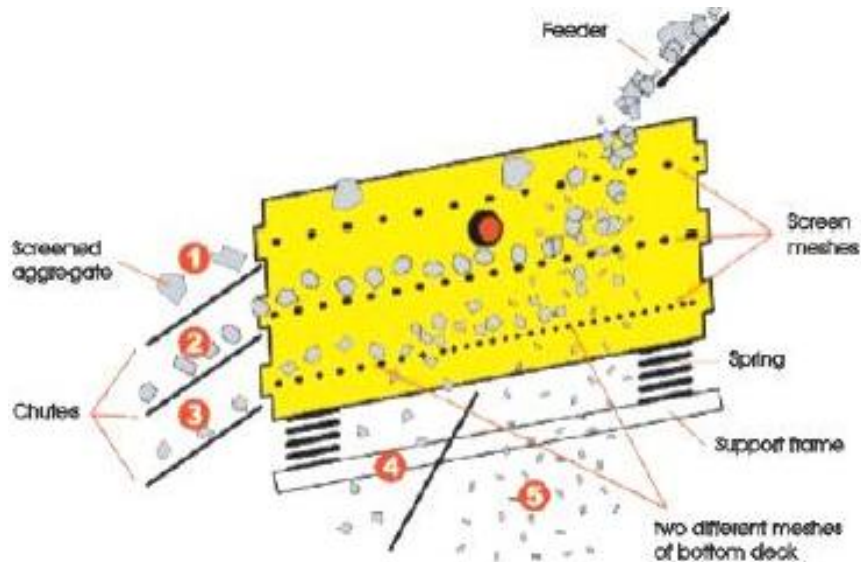


Fuente: www.metso.com. Marzo 2011.

2.3.4. Productos terminados

Una vez el producto abandona la trituración terciaria, es trasladado por un sistema de bandas transportadoras hacia cribas vibratorias, en donde a través del movimiento oscilatorio de las mismas, son clasificados los diversos materiales o productos terminados según su tamaño. Las cribas vibratorias poseen un sistema de mallas, las cuales, permiten la distribución del material según el tamaño del material de entrada, dichas medidas pueden variar entre 0" y 1".

Figura 13. **Criba vibratoria**



Fuente: www.sbmperu.com/imagenes/K8.jpg. Marzo 2011.

2.4. **Análisis de desempeño**

La finalidad de el análisis de desempeño es lograr determinar cuáles son las áreas de oportunidad y las fortalezas de todo proceso, por ello se realizará un estudio en los puntos más críticos del proceso.

2.4.1. **Mediciones previas**

Para determinar los factores de desempeño operacional se procederá a realizar las siguientes mediciones:

- Iluminación por áreas

Tabla X. Medición de iluminación

Área	Medición de ventanas				Medida puertas		Lampara actual	Medición		Reflectancia	
	Ancho	Altura	Color pared	Color techo	Ancho	Altura		Lux	Pie candela	Lux	Pie candela
Jefe depto.	24	24	Blanco marfil	Blanco marfil	0,85	21	2*40 watts	313	30	104	18
Planificador	24	24	Blanco marfil	Blanco marfil	0,85	21	2*40 watts	360	33	104	18
Supervisor	24	24	Blanco marfil	Blanco marfil	0,85	21	2*40 watts	515	55	104	18
Taller	5	11	Gris	Gris	---	---	6 lámparas de 1 000 watts	616	64	---	---
Comedor	45	45	Gris claro	Gris claro	0,85	21	2*96 watts	185	171	102	95
Vestidores	45	45	Gris claro	Gris claro	0,85	21	2*96 watts	85	8	70	71
Baños	45	45	Gris claro	Gris claro	0,85	21	2*96 watts	90	12	71	7,15
Taller electrico	45	45	Gris claro	Gris claro	---	---	2*96 watts	212	20	150	15,8
Taller soldadura	45	45	Gris claro	Gris claro	---	---	2*96 watts	616	67	354	38
Área operaciones	Al aire libre		---	---	---	---	---	14000	1350	---	---

Fuente: elaboración propia.

2.4.2. Consumo de materias primas

Las mediciones de materias primas utilizadas serán las siguientes:

- Piedra caliza: para esta medición se tomarán en cuenta el número total de camiones que suministran la materia prima en la sección primaria, el tiempo de viaje para descargar y el tiempo operativo de la trituración.

Tabla XI. **Consumo de materia prima mensual**

Cantidad de camiones	Viaje por hora	M ³ x viaje	Horas de operación	Días de producción	Total materia prima
5	3	8	24	22	63 360

Fuente: elaboración propia.

- Diesel: para esta medición se toman en cuenta los consumos de toda la maquinaria en un mes ordinario de operación, ya sea por lectura de contador de la bomba general de despacho de combustible o la sumatoria de todos los consumos realizados por los equipos.

Tabla XII. **Consumo de diesel mensual por áreas**

Área de equipos	Cantidad	Unidad
Diesel de maquinaria de despacho	12 503	gal
Diesel de maquinaria de cantera	20 837	gal
Diesel de vehículos livianos	150	gal
Diesel de vehículos pesados	7 200	gal

Fuente: elaboración propia.

- Agua: se tomarán en cuenta las mediciones del contador de agua general del proceso; dicha medición, será realizada en un mes ordinario de producción.

Tabla XIII. **Consumo de agua mensual**

No. de contador	Lectura inicial	Lectura final	Total	Unidad
18 934 506	234,9	12 792,9	12 558	gal

Fuente: elaboración propia.

Energía eléctrica: se tomarán en cuenta las lecturas del contador general.

Tabla XIV. **Consumo de energía eléctrica**

No. De contador	Lectura inicial	Lectura final	Total	Unidad
3 495 874	24 356 279	24 775 343	419 064	Kw

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA PARA MINIMIZAR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

3.1. Diseño del entorno

Se entiende por entorno al medio en el que se desenvuelve el ser humano, el cual, puede estar en un espacio relativamente abierto, pero no necesariamente en sitios exteriores.

3.1.1. Iluminación

Para el diseño de la iluminación de planta se tomará como herramienta el método de cavidad zonal, el cual es un método matemático que toma en cuenta las dimensiones del lugar, colores de las paredes y el tipo de trabajo a realizar en dichas aéreas.

Obteniendo los resultados siguientes:

Oficina de jefe de departamento

Datos:

Ancho 2.40 metros; largo 3.60 metros; altura 2.40 metros

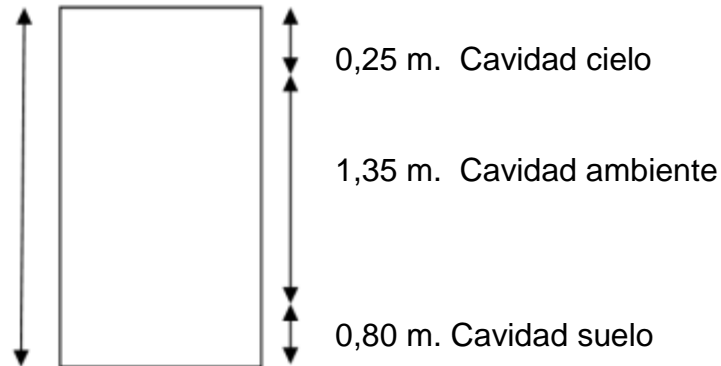
Rango D → 300 Lux, edad 20 a 40 años

Colores:

Suelo	→	Gris	→	30%
Pared	→	Blanco marfil	→	50%
Techo	→	Blanco marfil	→	70 %

Determinación de cavidad

Figura 14. **Cavidades de oficina de jefe de departamento**



Fuente: elaboración propia.

Relación de cavidad

$$RC_{\text{cielo}} = \frac{(5 \cdot 0,25 (2,40 + 3,60))}{(2,4 \cdot 3,6)} = 0,87$$

$$RC_{\text{ambiente}} = \frac{(5 \cdot 1,35 (2,40 + 3,60))}{(2,4 \cdot 3,6)} = 4,69$$

$$RC_{\text{suelo}} = \frac{(5 \cdot 0,8 (2,40 + 3,60))}{(2,40 \cdot 3,60)} = 2,78$$

Reflexión efectiva cielo

$$P_{\text{cielo}} = 70\%$$

$$P_{\text{pared}} = 50\%$$

$$RC_{\text{cielo}} = 0,87$$

Tabla XV. **Interpolación de cielo de oficina jefe de departamento**

	70		
	70	50	30
0,80		60	
0,87		X	
0,90		59	

Interpolando

$$\frac{(0,80-0,87)}{(0,80-0,90)} = \frac{(60 - X)}{(60-59)}$$

X = Pcielo = 59,3%

Fuente: elaboración propia.

Reflexión efectiva suelo

Pcielo = 70%

Ppared = 50%

RCsuelo = 2,78

Tabla XVI. **Interpolación de suelo de oficina jefe de departamento**

	70		
	70	50	30
2,70		43	
2,78		X	
2,80		43	

Interpolando

$$\frac{(2,70-2,78)}{(2,70-2,80)} = \frac{(43 - X)}{(43 - 43)}$$

X = PC suelo = 43%

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de utilización

PC cielo = 59,30 % = 50 %

PC pared = 23 % = 30 %

RCambiente = 4,69

Tabla XVII. **Interpolación de utilización de oficina de jefe de departamento**

	50			
	50	30	10	Interpolando
4,00		0,81		$\frac{(4,00-4,69)}{(4,00-5,00)} = \frac{(0,81 - X)}{(0,81-0,78)}$
4,69		X		
5,00		0,78		X = K = 0,79

Fuente: elaboración propia.

Flujo total

$$\text{Flujo total} = \frac{E * \text{Área}}{K * K'} = \frac{300 * (2,40 * 3,60)}{(0,79 * 0,60)} = 5\ 468,35 \text{ lux}$$

Espaciamiento máximo

$$\text{EM.} = 1,25 * H_{ca} = 1,25 * 1,35 = 1,69$$

de lámparas

$$\text{NLA} = \frac{2,40}{2,94} = 0,81 = 1$$

$$\text{NLA} = \frac{3,60}{2,94} = 1,22 = 1 \text{ (Conviene uno por el espacio de la oficina)}$$

$$\text{Total de lámparas} = 1 * 1 = 1$$

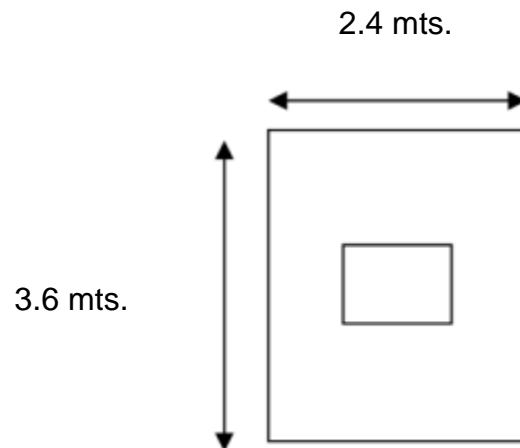
Distancia = Centrada, ya que solo una se colocará a lo ancho.

$$\text{Flujo luminoso} = \frac{5\ 468,35 \text{ Lux}}{1} = 5\ 468,35 \text{ Lux}$$

Lámparas por luminaria

$$\frac{5\ 468,35 \text{ Lux}}{6\ 450 \text{ Lux}} = 0,84 = 1 \text{ tubo de 85 Watts.}$$

Figura 15. **Diseño final de iluminación oficina jefe de departamento**



Fuente: elaboración propia.

Oficina de planificador

Datos:

Ancho 2,40 metros; largo 3,30 metros; altura 2,40 metros

Rango D → 300 Lux, edad 20 a 40 años

Colores:

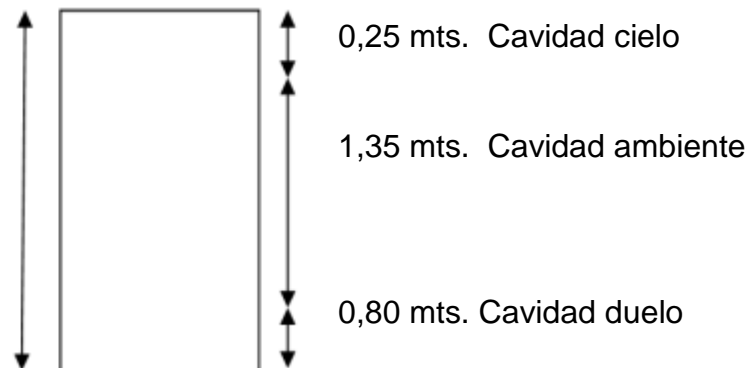
Suelo → Gris → 30%

Pared → Blanco marfil → 50%

Techo → Blanco marfil → 70 %

Determinación de cavidad

Figura 16. **Cavidades de oficina planificador**



Fuente: elaboración propia.

Relación de cavidad

$$RC_{\text{cielo}} = \frac{(5 \cdot 0,25 (2,40 + 3,30))}{(2,40 \cdot 3,30)} = 0,89$$

$$RC_{\text{ambiente}} = \frac{(5 \cdot 1,35 (2,40 + 3,30))}{(2,40 \cdot 3,30)} = 4,86$$

$$RC_{\text{suelo}} = \frac{(5 \cdot 0,80 (2,40 + 3,30))}{(2,40 \cdot 3,30)} = 2,87$$

Reflexión efectiva cielo

$$P_{\text{cielo}} = 70\%$$

$$P_{\text{pared}} = 50\%$$

$$RC_{\text{cielo}} = 0,89$$

Tabla XVIII. **Interpolación de cielo oficina planificador**

	70		
	70	50	30
0,80		60	
0,89		X	
0,90		59	

Interpolando

$$\frac{(0,80-0,89)}{(0,80-0,90)} = \frac{(60 - X)}{(60-59)}$$

$$X = PC \text{ cielo} = 59,10\%$$

Fuente: elaboración propia.

Reflexión efectiva suelo

Pcielo = 70%

Ppared = 50%

RCsuelo = 2,87

Tabla XIX. **Interpolación de suelo oficina de planificador**

	70		
	70	50	30
2.80		42	
2.87		X	
2.90		42	

Interpolando

$$\frac{(2,70-2,78)}{(2,70-2,80)} = \frac{(42 - X)}{(42 - 42)}$$

$$X = PC \text{ suelo} = 47\%$$

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de utilización

PC cielo = 59,3 % = 50 %

PC pared = 23 % = 30 %

RCambiente = 4,86

Tabla XX. Interpolación de utilización oficina de planificador

		50			Interpolando
		50	30	10	
	4,00		0,81		
	4,86		X		X = K = 0,7842
	5,00		0,78		

Fuente: elaboración propia.

Flujo total

$$\text{Flujo total} = \frac{E * \text{Área}}{K * K'} = \frac{300 * (2,4 * 3,6)}{(0,79 * 0,60)} = 5\,049,73 \text{ lux}$$

Espaciamiento máximo

$$EM. = 1,25 * Hca = 1,25 * 1,35 = 1,69$$

de lámparas

$$NLA = \frac{2,40}{2,94} = 0,81 = 1$$

$$NLA = \frac{3,60}{2,94} = 1,22 = 1 \text{ (Conviene uno por el espacio de la oficina)}$$

$$\text{Total de lámparas} = 1 * 1 = 1$$

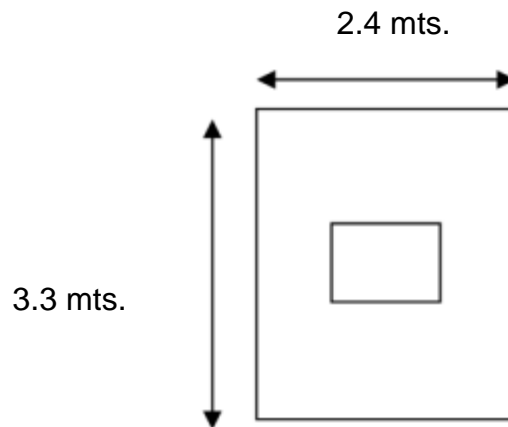
Distancia = Centrada, ya que solo una se colocará a lo ancho.

$$\text{Flujo luminoso} = \frac{5\,049,73 \text{ Lux}}{1} = 5\,049,73 \text{ Lux}$$

Lámparas por Luminaria

$$\frac{5\,049,73 \text{ Lux}}{6\,450 \text{ Lux}} = 0,78 = 1 \text{ tubo de 85 Watts.}$$

Figura 17. **Diseño final de iluminación oficina planificador**



Fuente: elaboración propia.

Oficina de supervisor

Datos:

Ancho 2,40 metros; largo 5,0 metros; altura 2,4 metros

Rango D → 300 Lux, edad 20 a 40 años

Colores:

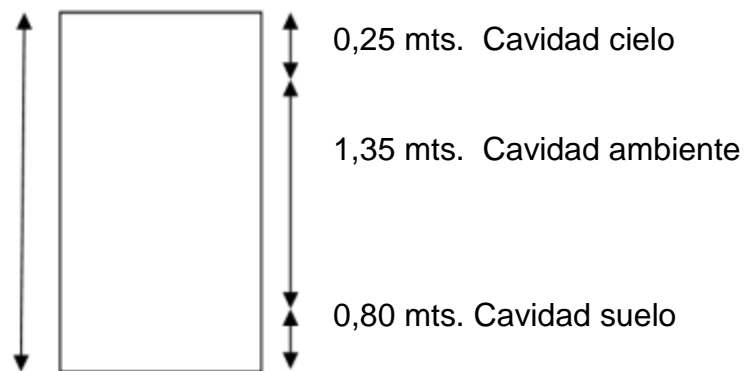
Suelo → Gris → 30%

Pared → Blanco marfil → 50%

Techo → Blanco marfil → 70 %

Determinación de cavidad

Figura 18. **Cavidades de oficina supervisor**



Fuente: elaboración propia.

Relación de cavidad

$$RC_{\text{cielo}} = \frac{(5 \cdot 0,25 (2,4 + 5,0))}{(2,4 \cdot 5,0)} = 0,77$$

$$RC_{\text{ambiente}} = \frac{(5 \cdot 1,35 (2,4 + 5,0))}{(2,4 \cdot 5,0)} = 4,28$$

$$RC_{\text{suelo}} = \frac{(5 \cdot 0,80 (2,40 + 5,00))}{(2,40 \cdot 5,00)} = 2,54$$

Reflexión efectiva cielo

$$P_{\text{cielo}} = 70\%$$

$$P_{\text{pared}} = 50\%$$

$$RC_{\text{cielo}} = 0,77$$

Tabla XXI. **Interpolación de cielo oficina supervisor**

	70		
	70	50	30
0,70		61	
0,77		X	
0,80		60	

Interpolando

$$\frac{(0,70 - 0,77)}{(0,70 - 0,80)} = \frac{(61 - X)}{(61 - 60)}$$

$$X = \text{PC cielo} = 60,3\%$$

Fuente: elaboración propia.

Reflexión efectiva suelo

Pcielo = 70%

Ppared = 50%

RCsuelo = 2,54

Tabla XXII. **Interpolación de suelo oficina supervisor**

	70		
	70	50	30
2,50		43	
2,54		X	
2,60		43	

Interpolando

$$\frac{(2,50 - 2,54)}{(2,50 - 2,60)} = \frac{(43 - X)}{(43 - 43)}$$

$$X = \text{PC suelo} = 43\%$$

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de utilización

Pcielo = 60,3 % = 50 %

PC pared = 23 % = 30 %

RCambiente = 4,28

Tabla XXIII. **Interpolación de utilización oficina supervisor**

	50		
	50	30	10
4,00		0,81	
4,28		X	
5,00		0,78	

Interpolando

$$\frac{(4,00 - 4,28)}{(4,00 - 5,00)} = \frac{(0,81 - X)}{(0,81 - 0,78)}$$

$$X = K = 0,8016$$

Fuente: elaboración propia.

Flujo total

$$\text{Flujo total} = \frac{E * \text{Área}}{K * K'} = \frac{300 * (2,40 * 5,00)}{(0,8016 * 0,60)} = 7\ 485,02 \text{ Lux}$$

Espaciamiento máximo

$$EM. = 1,25 * Hca = 1,25 * 1,35 = 1,69$$

de lámparas

$$NLA = \frac{2,40}{2,94} = 0,81 = 1$$

$$NLA = \frac{5,00}{2,94} = 1,70 = 1 \text{ (Conviene uno por el espacio de la oficina)}$$

$$\text{Total de lámparas} = 1 * 1 = 1$$

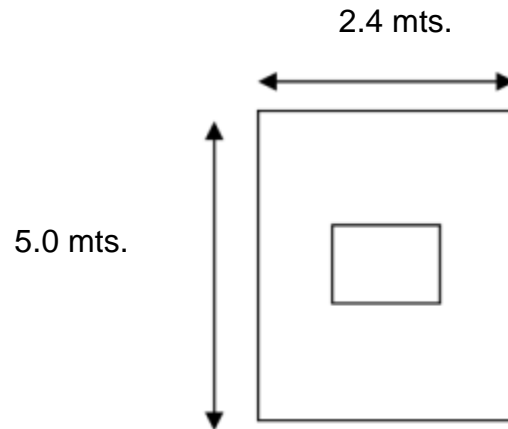
Distancia = Centrada, ya que solo una se colocará a lo ancho

$$\text{Flujo luminoso} = \frac{5\ 468,35 \text{ Lux}}{1} = 5\ 468,35 \text{ Lux}$$

Lámparas por luminaria

$$\frac{7\ 485,02 \text{ Lux}}{6\ 450,00 \text{ Lux}} = 1,16 = 2 \text{ tubo de 85 Watts.}$$

Figura 19. **Diseño final de iluminación oficina supervisor**



Fuente: elaboración propia.

Comedor

Datos:

Ancho 4,50 metros; largo 5,50 metros; altura 4,50 metros

Rango B → 75 Lux, edad 20 a 40 años

Colores:

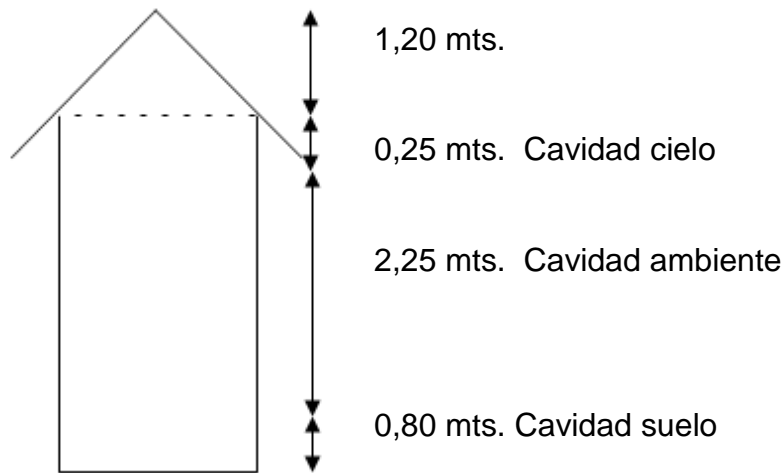
Suelo → Gris claro → 30%

Pared → Gris claro → 50%

Techo → Gris claro → 50 %

Determinación de cavidad

Figura 20. **Cavidades de comedor**



Fuente: elaboración propia.

Relación de cavidad

$$RC_{\text{cielo}} = \frac{(5 \cdot 0,25 (4,50 + 5,50))}{(4,50 \cdot 5,50)} = 0,50$$

$$RC_{\text{ambiente}} = \frac{(5 \cdot 2,25 (4,50 + 5,50))}{(4,5 \cdot 5,5)} = 4,54$$

$$RC_{\text{suelo}} = \frac{(5 \cdot 0,80 (4,50 + 5,50))}{(4,50 \cdot 5,50)} = 1,62$$

Reflexión efectiva cielo

$$P_{\text{cielo}} = 50\%$$

$$P_{\text{pared}} = 50\%$$

$$RC_{\text{cielo}} = 0,50$$

Tabla XXIV. **Interpolación de cielo comedor**

		50		Pcielo = 46
	70	50	30	
0.5		46		

Fuente: elaboración propia.

Reflexión efectiva suelo

Pcielo = 50%

Ppared = 50%

RCsuelo = 1,62

Tabla XXV. **Interpolación de suelo comedor**

		50		Interpolando $\frac{(1,60-1,62)}{(1,60-1,70)} = \frac{(39 - X)}{(39 - 38)}$
	70	50	30	
1,60		39		
1,62		X		X = PC suelo = 38,8%
1,70		38		

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de utilización

PC cielo = 46 % = 50 %

PC pared = 38.8 % = 30 %

RCambiente = 4,54

Tabla XXVI. Interpolación de utilización comedor

	50			Interpolando $\frac{(4,00-4,54)}{(4,00-5,00)} = \frac{(0,81 - X)}{(0,81-0,78)}$
	50	30	10	
4,00		0,81		X = K = 0,8122
4,54		X		
5,00		0,78		

Fuente: elaboración propia.

Flujo total

$$\text{Flujo total} = \frac{E * \text{Área}}{K * K'} = \frac{75 * (4,50 * 5,50)}{(0,8122 * 0,60)} = 3\ 809,09 \text{ lux}$$

Espaciamiento máximo

$$\text{EM.} = 1,25 * H_{ca} = 1,25 * 2,25 = 2,81$$

de lámparas

$$\text{NLA} = \frac{4,50}{2,94} = 1,53 = 1 \text{ (Conviene uno por el espacio de la oficina)}$$

$$\text{NLA} = \frac{5,50}{2,94} = 1,87 = 2$$

$$\text{Total de lámparas} = 1 * 2 = 2$$

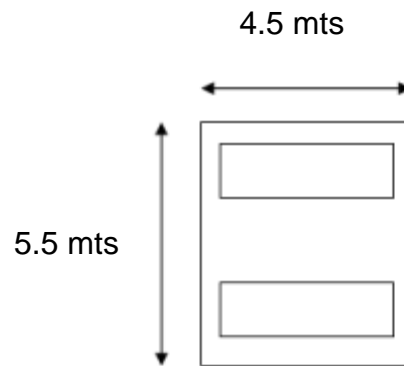
Distancia = Centrada, ya que solo una se colocará a lo ancho.

$$\text{Flujo luminoso} = \frac{3\ 809,09 \text{ Lux}}{2} = 1\ 904,54 \text{ Lux}$$

Lámparas por luminaria

$$\frac{1\ 904,4 \text{ Lux}}{3\ 200 \text{ Lux}} = 0,5951 = 1 \text{ tubo de 40 Watts.}$$

Figura 21. **Diseño final de iluminación comedor**



Fuente: elaboración propia.

Vestidores

Datos:

Ancho 4,50 metros; largo 5,50 metros; altura 4,50 metros

Rango B → 75 Lux, edad 20 a 40 años

Colores:

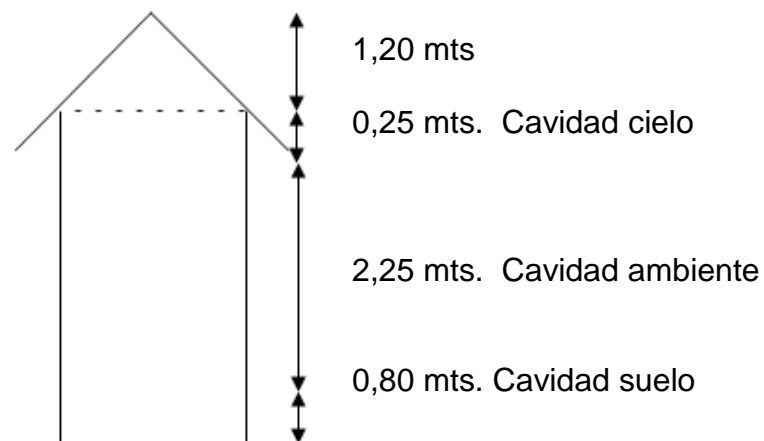
Suelo → Gris claro → 30%

Pared → Gris claro → 50%

Techo → Gris claro → 50 %

Determinación de cavidad

Figura 22. **Cavidades de vestidores**



Fuente: elaboración propia.

Relación de cavidad

$$RC_{\text{cielo}} = \frac{(5 \cdot 0,25 (4,50 + 5,50))}{(4,50 \cdot 5,50)} = 0,50$$

$$RC_{\text{ambiente}} = \frac{(5 \cdot 2,25 (4,50 + 5,50))}{(4,50 \cdot 5,50)} = 4,54$$

$$RC_{\text{suelo}} = \frac{(5 \cdot 0,8 (4,50 + 5,50))}{(4,50 \cdot 5,50)} = 1,62$$

Reflexión efectiva cielo

$$P_{\text{cielo}} = 50\%$$

$$P_{\text{pared}} = 50\%$$

$$RC_{\text{cielo}} = 0,50$$

Tabla XXVII. **Interpolación de cielo vestidores**

		50		Pcielo = 46
		70	50	
0.5			46	

Fuente: elaboración propia.

Reflexión efectiva suelo

Pcielo = 50%

Ppared = 50%

RCsuelo = 1,62

Tabla XXVIII. **Interpolación de suelo vestidores**

		50		Interpolando
		70	50	
1,60			39	$\frac{(1,60-1,62)}{(1,60-1,70)} = \frac{(39 - X)}{(39 - 38)}$
1,62			X	
1.70			38	X = PC suelo = 38,8%

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de utilización

PC cielo = 46 % = 50 %

PC pared = 38,8 % = 30 %

RCambiente = 4,54

Tabla XXIX. Interpolación de utilización vestidores

	50			Interpolando
	50	30	10	
4,00		0,81		X = K = 0,8122
4,54		X		
5,00		0,78		

Fuente: elaboración propia.

Flujo total

$$\text{Flujo total} = \frac{E * \text{Área}}{K * K'} = \frac{75 * (4,50 * 5,50)}{(0,8122 * 0,60)} = 3\ 809,09 \text{ Lux}$$

Espaciamiento máximo

$$EM. = 1,25 * Hca = 1,25 * 2,25 = 2,81$$

de lámparas

$$NLA = \frac{4,50}{2,94} = 1,53 = 1 \text{ (Conviene uno por el espacio de la oficina)}$$

$$NLA = \frac{5,50}{2,94} = 1,87 = 2$$

$$\text{Total de lámparas} = 1 * 2 = 2$$

Distancia = Centrada, ya que solo una se colocará a lo ancho.

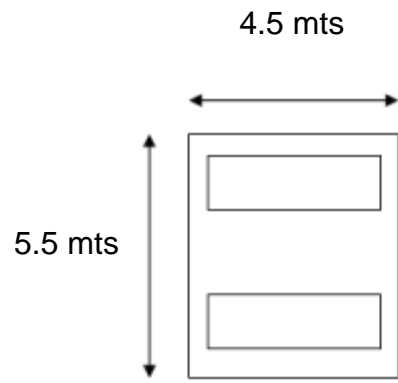
$$\text{Flujo luminoso} = \frac{3\ 809,09 \text{ Lux}}{2} = 1\ 904,54 \text{ Lux}$$

Lámparas por luminaria

$$\frac{1\ 904,54 \text{ Lux}}{3\ 200 \text{ Lux}} = 0,5951 = 1 \text{ tubo de 40 Watts.}$$

3 200 Lux

Figura 23. **Diseño final de iluminación vestidores**



Fuente: elaboración propia.

Baños

Datos:

Ancho 4,50 metros; largo 5,50 metros; altura 4,50 metros

Rango B → 75 Lux, edad 20 a 40 años

Colores:

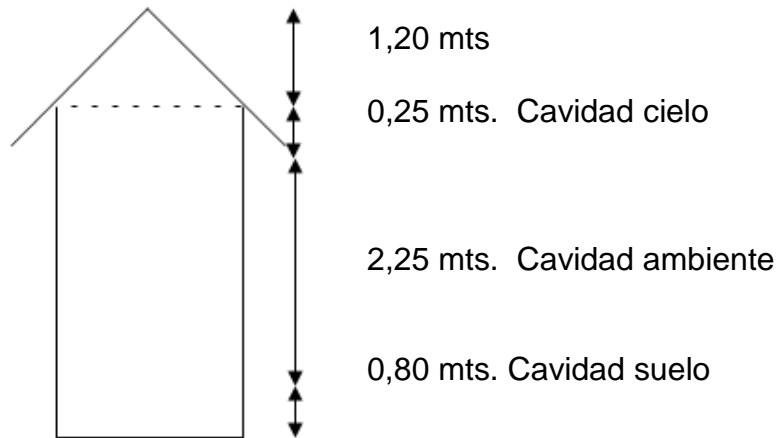
Suelo → Gris claro → 30%

Pared → Gris claro → 50%

Techo → Gris claro → 50 %

Determinación de cavidad

Figura 24. **Cavidades de baños**



Fuente: elaboración propia.

Relación de cavidad

$$RC_{\text{cielo}} = \frac{(5 \cdot 0,25 (4,50 + 5,50))}{(4,50 \cdot 5,50)} = 0,50$$

$$RC_{\text{ambiente}} = \frac{(5 \cdot 2,25 (4,50 + 5,50))}{(4,50 \cdot 5,50)} = 4,54$$

$$RC_{\text{suelo}} = \frac{(5 \cdot 0,80 (4,50 + 5,50))}{(4,50 \cdot 5,50)} = 1,62$$

Reflexión efectiva cielo

$$P_{\text{cielo}} = 50\%$$

$$P_{\text{pared}} = 50\%$$

$$RC_{\text{cielo}} = 0,50$$

Tabla XXX. **Interpolación de cielo baños**

	50			Pcielo = 46
	70	50	30	
0,50		46		

Fuente: elaboración propia.

Reflexión efectiva suelo

Pcielo = 50%

Ppared = 50%

RCsuelo = 1,62

Tabla XXXI. **Interpolación de suelo baños**

	50			Interpolando
	70	50	30	
1,60		39		$\frac{(1,60-1,62)}{(1,60-1,70)} = \frac{(39 - X)}{(39 - 38)}$
1,62		X		X = PC suelo = 38,8%
1,70		38		

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de utilización

PC cielo = 46 % = 50 %

PC pared = 38,8 % = 30 %

RCambiente = 4,54

Tabla XXXII. Interpolación de utilización baños

	50			Interpolando
	50	30	10	
4,00		0,81		$\frac{(4,00-4,54)}{(4,00-5,00)} = \frac{(0,81 - X)}{(0,81-0,78)}$
4,54		X		X = K = 0,8122
5,00		0,78		

Fuente: elaboración propia.

Flujo total

$$\text{Flujo total} = \frac{E * \text{Área}}{K * K'} = \frac{75 * (4,50 * 5,50)}{(0,8122 * 0,60)} = 3\ 809,09 \text{ Lux}$$

Espaciamiento máximo

$$EM. = 1,25 * Hca = 1,25 * 2,25 = 2,81$$

de lámparas

$$NLA = \frac{4,50}{2,94} = 1,53 = 1 \text{ (Conviene uno por el espacio de la oficina)}$$

$$NLA = \frac{5,50}{2,94} = 1,87 = 2$$

$$\text{Total de lámparas} = 1 * 2 = 2$$

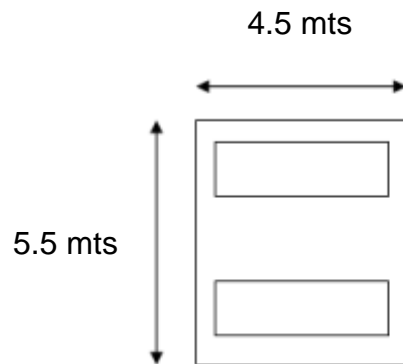
Distancia = Centrada, ya que solo una se colocará a lo ancho.

$$\text{Flujo luminoso} = \frac{3\ 809,09 \text{ Lux}}{2} = 1\ 904,54 \text{ Lux}$$

Lámparas por luminaria

$$\frac{1\ 904,54 \text{ Lux}}{3\ 200 \text{ Lux}} = 0,5951 = 1 \text{ tubo de 40 Watts.}$$

Figura 25. **Diseño final de iluminación baños**



Fuente: elaboración propia.

Área de taller eléctrico

Datos:

Ancho 4,50 metros; largo 6,30 metros; altura 4,50 metros

Rango E → 750 Lux, edad 20 a 40 años

Colores:

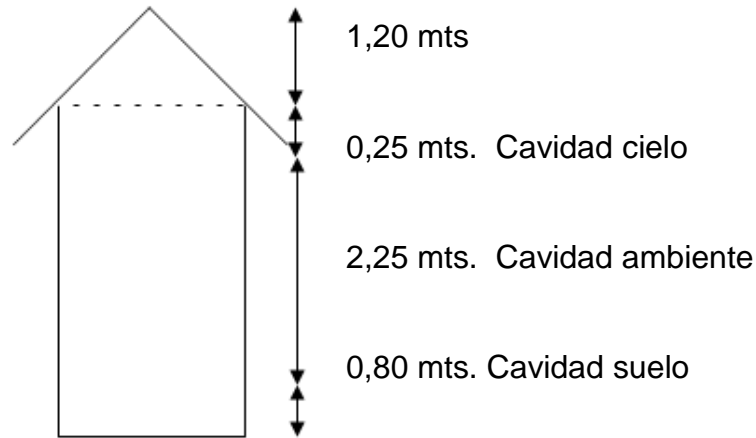
Suelo → Gris claro → 30%

Pared → Gris claro → 50%

Techo → Gris claro → 50 %

Determinación de cavidad

Figura 26. **Cavidades de oficina**



Fuente: elaboración propia.

Relación de cavidad

$$RC_{\text{cielo}} = \frac{(5 \cdot 0,25 (5,50 + 6,30))}{(5,50 \cdot 6,30)} = 0,42$$

$$RC_{\text{ambiente}} = \frac{(5 \cdot 2,25 (5,50 + 6,30))}{(5,50 \cdot 6,30)} = 3,83$$

$$RC_{\text{suelo}} = \frac{(5 \cdot 0,80 (5,50 + 6,30))}{(5,50 \cdot 6,30)} = 1,36$$

Reflexión efectiva cielo

$$P_{\text{cielo}} = 50\%$$

$$P_{\text{pared}} = 50\%$$

$$RC_{\text{cielo}} = 0,42$$

Tabla XXXIII. **Interpolación de cielo taller eléctrico**

		50			Interpolando
		70	50	30	
0,40			46		$\frac{(0,40-0,42)}{(0,40-0,50)} = \frac{(46 - X)}{(46 - 46)}$
0,42					
0,50			46		X = PC suelo = 46%

Fuente: elaboración propia.

Reflexión efectiva suelo

Pcielo = 50%

Ppared = 50%

RCsuelo = 1,36

Tabla XXXIV. **Interpolación de suelo taller eléctrico**

		50			Interpolando
		70	50	30	
1,30			39		$\frac{(1,30-1,62)}{(1,30-1,40)} = \frac{(40 - X)}{(40 - 40)}$
1,62			X		
1,40			38		X = PC suelo = 40%

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de utilización

Pcielo = 46 % = 50 %

PC pared = 40 % = 50 %

RCambiente = 3,3

Tabla XXXV. **Interpolación de utilización taller eléctrico**

	50			Interpolando $\frac{(3,00-3,83)}{(3,00-3,00)} = \frac{(0,87 - X)}{(0,87-0,84)}$
	50	30	10	
3,00	0,87			X = K = 0,8451
3,83	X			
4,00	0,84			

Fuente: elaboración propia.

Flujo total

$$\text{Flujo total} = \frac{E * \text{Área}}{K * K'} = \frac{750 * (4,50 * 6,30)}{(0,8451 * 0,60)} = 41\ 932,91 \text{ Lux}$$

Espaciamiento máximo

$$EM. = 1,25 * Hca = 1,25 * 2,25 = 2,81$$

de lámparas

$$NLA = \frac{4,50}{2,94} = 1,53 = 1 \text{ (Conviene uno por el espacio de la oficina)}$$

$$NLA = \frac{6,30}{2,94} = 2,14 = 3$$

$$\text{Total de lámparas} = 1 * 3 = 3$$

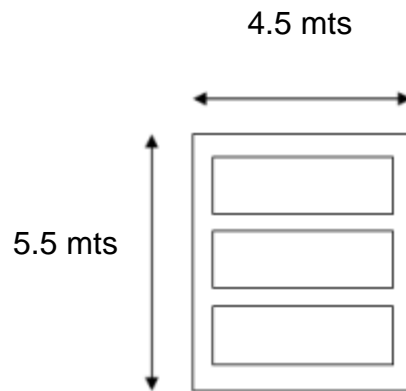
Distancia = Centrada, ya que solo una se colocará a lo ancho.

$$\text{Flujo luminoso} = \frac{41\ 932,91 \text{ Lux}}{3} = 13\ 977,63 \text{ Lux}$$

Lámparas por luminaria

$$\frac{13\ 977,63 \text{ Lux}}{6\ 450 \text{ Lux}} = 2,17 = 3 \text{ tubo de 85 Watts.}$$

Figura 27. **Diseño final de iluminación taller eléctrico**



Fuente: elaboración propia.

Área de soldadura

Datos:

Ancho 4.5 metros; largo 6.3 metros; altura 4.5 metros

Rango E → 750 Lux, edad 20 a 40 años

Colores:

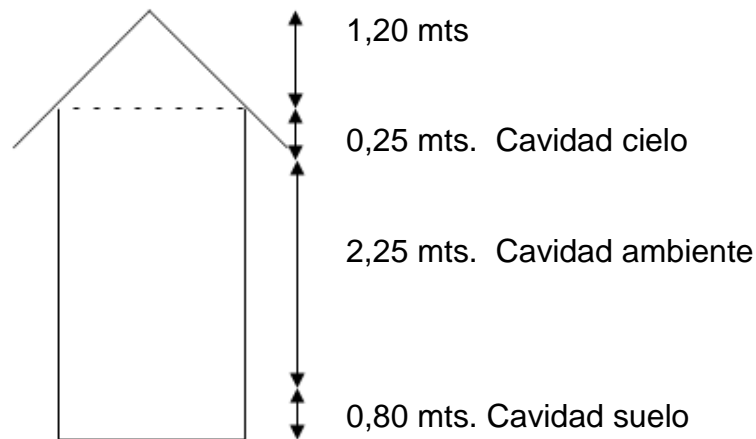
Suelo → Gris claro → 30%

Pared → Gris claro → 50%

Techo → Gris claro → 50 %

Determinación de cavidad

Figura 28. **Cavidades de área de soldadura**



Fuente: elaboración propia.

Relación de cavidad

$$RC_{\text{cielo}} = \frac{(5 \cdot 0,25 (5,50 + 6,30))}{(5,50 \cdot 6,30)} = 0,42$$

$$RC_{\text{ambiente}} = \frac{(5 \cdot 2,25 (5,50 + 6,30))}{(5,50 \cdot 6,30)} = 3,83$$

$$RC_{\text{suelo}} = \frac{(5 \cdot 0,80 (5,50 + 6,30))}{(5,50 \cdot 6,30)} = 1,36$$

Reflexión efectiva cielo

$$P_{\text{cielo}} = 50\%$$

$$P_{\text{pared}} = 50\%$$

$$RC_{\text{cielo}} = 0,42$$

Tabla XXXVI. **Interpolación de cielo soldadura**

	50		
	70	50	30
0,40		46	
0,42			
0,50		46	

Interpolando

$$\frac{(0,40-0,42)}{(0,40-0,50)} = \frac{(46 - X)}{(46 - 46)}$$

$$X = PC \text{ suelo} = 46\%$$

Fuente: elaboración propia.

Reflexión efectiva suelo

$$P_{\text{cielo}} = 50\%$$

$$P_{\text{pared}} = 50\%$$

$$RC_{\text{suelo}} = 1,36$$

Tabla XXXVII. **Interpolación de suelo soldadura**

	50		
	70	50	30
1,30		39	
1,62		X	
1,40		38	

Interpolando

$$\frac{(1,30-1,62)}{(1,30-1,40)} = \frac{(40 - X)}{(40 - 40)}$$

$$X = PC \text{ suelo} = 40\%$$

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de utilización

$$P_{\text{cielo}} = 46\% = 50\%$$

$$PC_{\text{pared}} = 40\% = 50\%$$

$$RC_{\text{ambiente}} = 3,83$$

Tabla XXXVIII. Interpolación de utilización soldadura

	50			Interpolando
	50	30	10	
3,00	0,87			$(3,00-3,83) = (0,87 - X)$
3,83	X			$(3,00-3,00) = (0,87-0,84)$
4,00	0,84			$X = K = 0,8451$

Fuente: elaboración propia.

Flujo total

$$\text{Flujo total} = \frac{E * \text{Área}}{K * K'} = \frac{750 * (4,50 * 6,30)}{(0,8451 * 0,60)} = 41\ 932,91 \text{ lux}$$

Espaciamiento máximo

$$EM = 1,25 * Hca = 1,25 * 2,25 = 2,81$$

de lámparas

$$NLA = \frac{4,50}{2,94} = 1,53 = 1 \text{ (Conviene uno por el espacio de la oficina)}$$

$$NLA = \frac{6,30}{2,94} = 2,14 = 3$$

$$\text{Total de lámparas} = 1 * 3 = 3$$

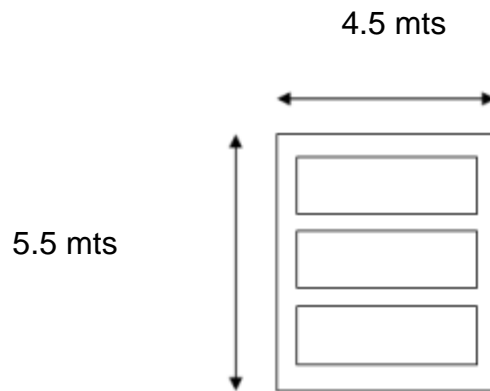
Distancia = Centrada, ya que solo una se colocará a lo ancho.

$$\text{Flujo luminoso} = \frac{41\ 932,91 \text{ Lux}}{3} = 13\ 977,63 \text{ Lux}$$

Lámparas por luminaria

$$\frac{13\ 977,63 \text{ Lux}}{6\ 450 \text{ Lux}} = 2,17 = 3 \text{ tubo de 85 Watts.}$$

Figura 29. **Diseño final de iluminación soldadura**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Ventilación

Se realiza un diseño de A/C en las cabinas de operación, en función del tamaño de la cabina y del número de paneles eléctricos, para disminuir el calor generado por los mismos y aumentar su vida útil, no se utilizarán métodos de ventilación debido a que las operaciones se dan a la intemperie, y el exceso de polvo y contaminantes externos puede dañar los componentes eléctricos o electrónicos.

Factor de ventilación: para cada 25 m³ se requieren de 12 000 B.T.U.

Cuarto de control trituradora secundaria

Datos:

Ancho: 3 mts.

Color de pared: claro

Largo: 7 mts.

Temperatura externa: 35 °C

Alto: 3 mts.

25 m³.: 12 000 BTU

En este caso se utilizarán 13 500 BTU ya que el calor que generan los paneles eléctricos impide mantener la temperatura de confort (de 22°C a 27°C).

Volumen = Ancho * Altura * Profundidad

Volumen = 3m * 7m * 3m = 63m³.

BTU's requeridos = $\frac{13\,500\text{BTU} * 63\text{m}^3}{25\text{m}^3} = 34\,020\text{ BTU's}$

La capacidad en BTU's requerida para una óptima ventilación en el cuarto de control del área secundaria será de 34 020 BTU's, como factor de seguridad, crecimiento de la planta y disponibilidad de equipos; en el mercado se prevé un equipo con capacidad de 36 000 BTU's.

Cuarto de control lavado de material (CCM1)

Datos:

Ancho: 3mts. Color de pared: claro

Largo: 7mts. Temperatura externa: 35 °C

Alto: 3mts. 25 m³.: 12 000 BTU

En este caso se utilizarán 13 500 BTU ya que el calor que generan los paneles eléctricos impide mantener la temperatura de confort (de 22°C a 27°C).

Volumen = Ancho * Altura * Profundidad

Volumen = 3m * 7m * 3m = 63m³.

BTU's requeridos = $\frac{15\,000\text{ BTU} * 63\text{m}^3}{25\text{m}^3} = 34\,020\text{ BTU's}$

La capacidad en BTU's requerida para una óptima ventilación en el cuarto de control lavado de materia (CCM1) será de 34 020 BTU's; como factor de seguridad, crecimiento de la planta y disponibilidad de equipos en el mercado, se prevé un equipo con capacidad de 36 000 BTU's.

Cuarto de control tratamiento de lodos (CCM2)

Datos:

Ancho: 2.5 mts. Color de pared: claro
Largo: 7 mts. Temperatura externa: 35 °C
Alto: 2.2 mts. 25 m³.: 12 000 B.T.U.

En este caso se utilizarán 12 000 B.T.U. ya que las paredes del cuarto de control son metálicas y esto contrarresta el calor que generan los paneles eléctricos; de esta forma se puede mantener la temperatura de confort (de 22°C a 27°C).

Volumen = Ancho * Altura * Profundidad

Volumen = 2,5m * 7m * 2,2m = 38,5m³.

BTU's requeridos = $\frac{12\ 000\text{BTU} * 38,5\ \text{m}^3}{25\ \text{m}^3} = 18\ 480\ \text{BTU's}$

La capacidad en BTU's requerida para una óptima ventilación en el cuarto de control tratamiento de lodos (CCM2) será de 18 480BTU's, debido a la disponibilidad de equipos en el mercado, se prevé un equipo con capacidad de 20 000 BTU's.

3.1.3. Temperatura

La temperatura estimada en los cuartos de control se encuentra entre los 22 y los 27°C en el exterior de la planta, por su naturaleza, tendrán la temperatura ambiente de la ciudad de Guatemala, que oscila entre los 16 y los 30°C.

3.1.4. Ruido

La variación de los sonidos puede llegar hasta un nivel alto y producir efectos desagradables para el oído y dañar permanentemente con el paso del tiempo.

La distribución e instalación de la maquinaria no permite una reubicación, para poder minimizar el ruido generado por ella, y debido a las fuertes vibraciones, exposición a condiciones naturales y origen del proceso, estos tampoco pueden ser aislados, ya que cualquier sistema de aislamiento de ruido, en los equipos no tendría la durabilidad y efectividad esperada; por ello, se procede a realizar un estudio de equipos de protección personal, para reducir el impacto sobre los colaboradores:

- Tapón para oído: es moldeado en hule suave ó plásticos duros, conformados para el acomodo en el canal del oído.

Figura 30. **Tapones para oído**



Fuente: planta AGREGUA, zona 6.

- Almohadilla o dona: se colocan en posición sobre orejas por bandas que cruzan la cabeza. Son de hule, kapok, o con metal y hule. Tienen un diseño especial contra las frecuencias sonoras.

Figura 31. **Almohadilla o dona para oídos**



Fuente: planta AGREGUA, zona 6.

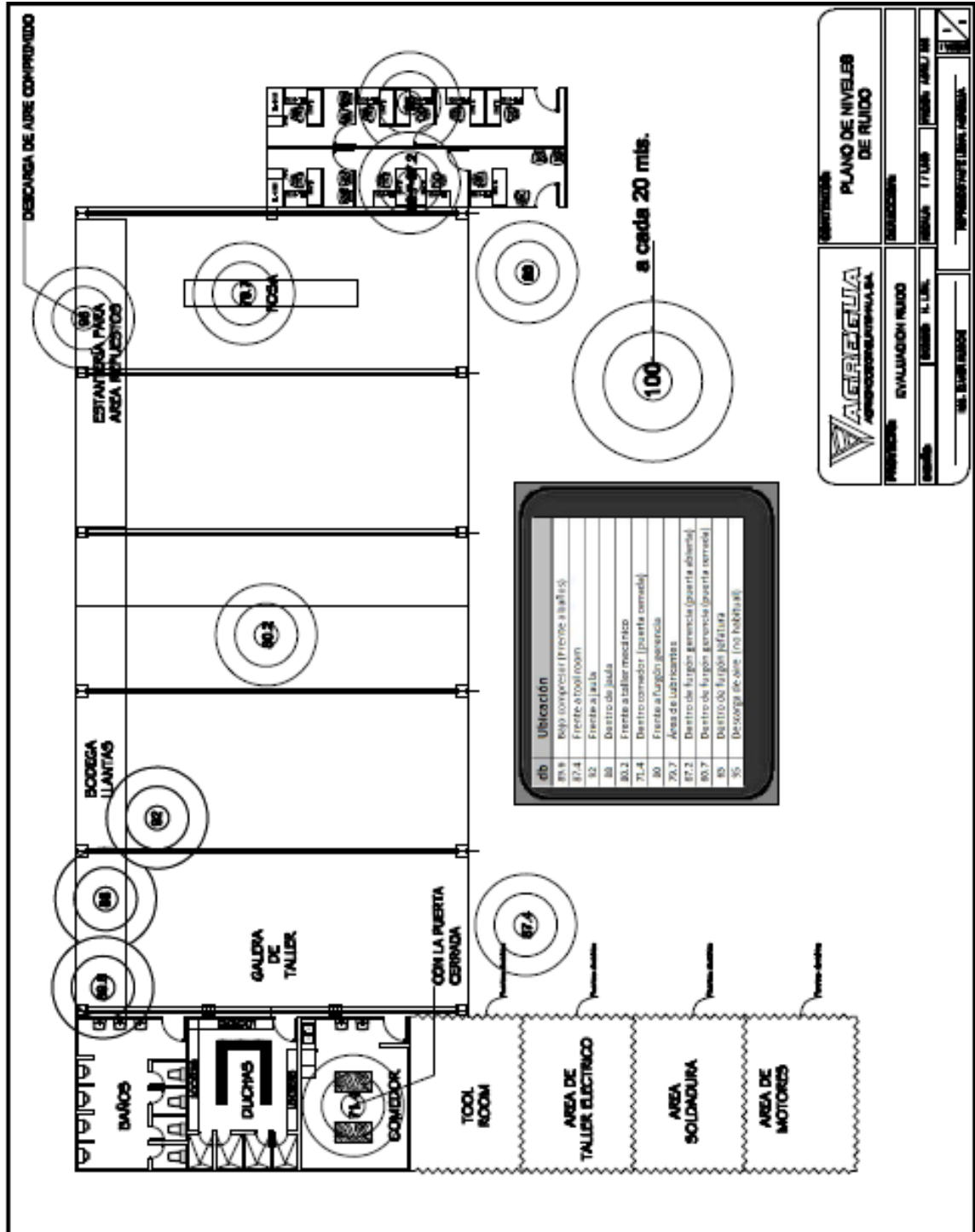
- Casco: se realizan pruebas para crear un casco con una alta capacidad de reducción del ruido. Para niveles muy altos de ruidos, este casco puede que cubra toda la careta.

Figura 32. **Casco para oído**



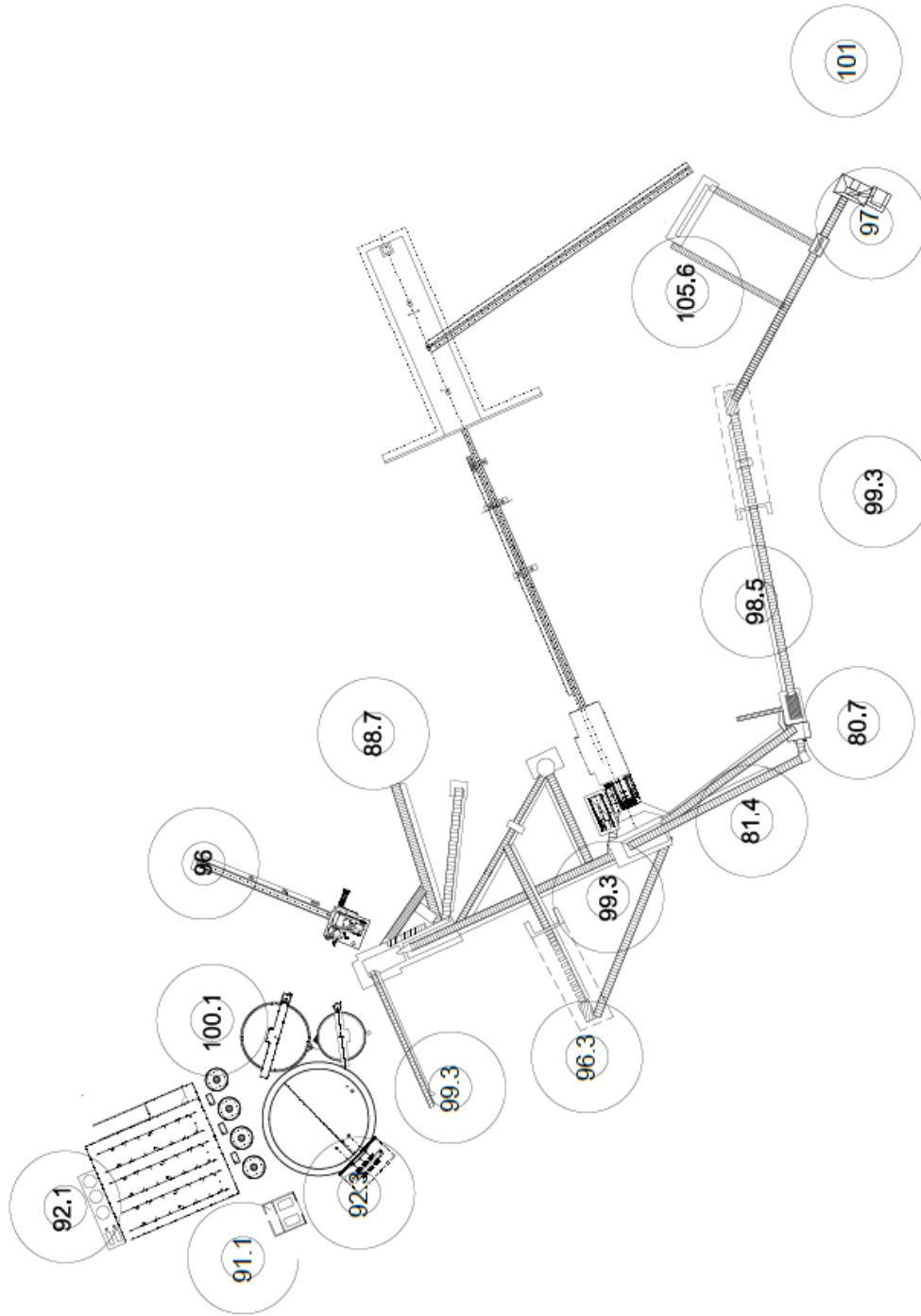
Fuente: planta AGREGUA, zona 6.

Figura 33. Medición de ruido por secciones taller automotriz



Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Medición de ruido por área en planta de producción**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Medición de ruido por área en planta de producción**

Lugar	Decibeles
Rodo de faja que carga Deister	94,70
Túnel	96,30
Caídas de 1" y 3/8" debajo Deister	99,30
Faja pequeña	98,00
Caída de 1-1/2" al túnel 2	90,50
Entrada al túnel 2	86,80
Bombas Itur	92,30
Cuarto floculante exterior	91,10
Debajo de zaranda Trío	100,40
Caída de material 1/2" comercial	93,00
Zaranda Trío	99,30
Cilindro lavador	96,00
Debajo de tolva zaranda Trío	96,70
Piedrín de 1"	92,40
Trituradora de eje vertical	99,00
Debajo de zaranda de retorno	95,60
Debajo de filtros prensa	92,10
Debajo de tanque T-10	100,10
Debajo de zaranda de arena	98,10
Planta compacta	101,90
Faja de arena	96,00
Caída de producto de 3/8"	88,70

Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Seguridad

Según datos estadísticos, el 14% de los accidentes se debe a condiciones inseguras de los equipos o entorno; un 86% se debe a comportamiento de las personas y el 1% corresponde al azar.

Como parte de la implementación de la seguridad industrial se aplicarán programas enfocados en el cambio de cultura de los colaboradores, tales programas son:

- SafeStart®: programa avanzado de concientización hacia la seguridad. SafeStart® es un programa avanzado de prevención de accidentes. El objetivo de SafeStart® es ayudar a las personas a evitar los errores o incidentes que en primer lugar no querían cometer. No trata políticas, procedimientos o riesgos específicos en el lugar de trabajo; trata sobre mantener esos riesgos en mente y a la vista, dicha metodología se enfoca en el comportamiento de las personas, describe que un ser humano puede encontrarse en 4 estados:
 - Prisa: supone que las personas actúan bajo presión y esto altera su habilidad de respuesta.
 - Frustración: es una respuesta emocional común a la oposición relacionada con la ira y la decepción, no permiten la concentración reactiva del ser humano
 - Fatiga: el agotamiento o cansancio, de las personas, no permite su desarrollo intelectual y concentración en la tarea.
 - Complacencia: la costumbre o exceso de confianza, provoca que los colaboradores trabajen por hábito, menospreciando los riesgos potenciales de una tarea designada.

Dichos estados, en conjunto o por separado, pueden causar 4 errores críticos, los cuales, aumentan la probabilidad de ocurrencia de un incidente.

- Ojos no en la tarea: la distracción de la persona impide el contacto visual sobre la actividad realizada, aumentando el riesgo de contacto o golpes contra materiales u objetos.
- Mente no en la tarea: hace que la concentración se encuentre enfocada hacia otros elementos fuera de la actividad principal, lo cual permite que la cantidad de errores –inconscientes- aumente.
- En la línea de fuego: el individuo atraviesa o se encuentra en medio de la línea de acción de dos o más elementos, que interactúan entre sí; al obstaculizar dicha línea de acción se corre el riesgo de ser impactado por uno de estos elementos.
- Equilibrio/tracción/agarre: la pérdida de equilibrio o agarre, provoca caídas a nivel del suelo o bien desde niveles diferentes de altura.

Dichos errores críticos, incrementan el riesgo de lesiones.

- Casco Naranja: el programa Casco Naranja, es un programa que se enfoca en hacer de los colaboradores, inspectores de seguridad industrial; todo el personal tendrá un día designado, en el cual, hacen uso de un casco color naranja (para diferenciarlos del resto del equipo); durante este día realizan inspecciones de seguridad, en las cuales evalúan su propio entorno de trabajo, ya sean actos inseguros o condiciones inseguras. Las áreas a evaluar se clasifican en:
 - Equipo de protección personal
 - Herramientas y equipos
 - Lugar o área de trabajo

- Posición y uso del cuerpo
- Procedimientos de trabajo

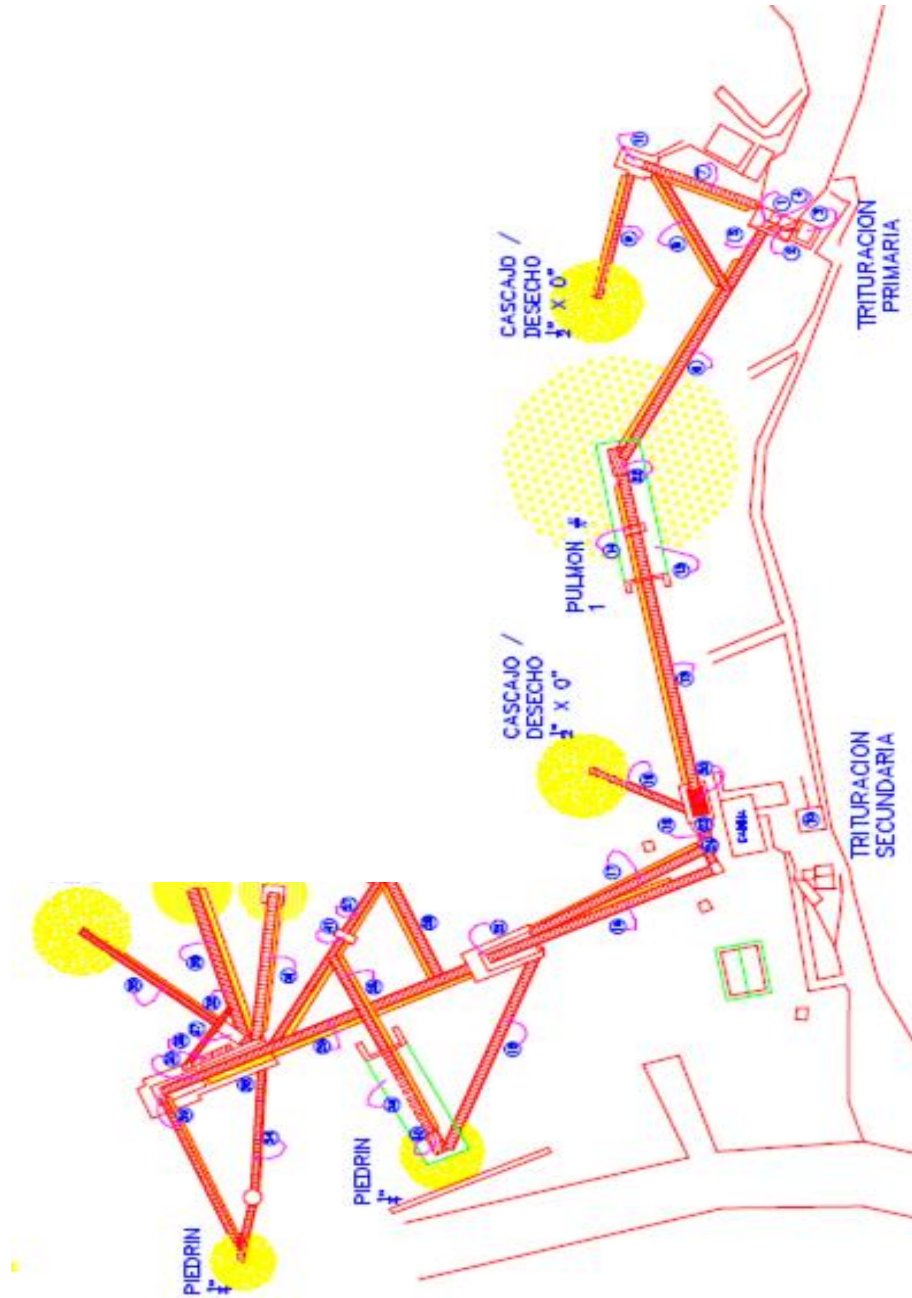
El observador documenta su reporte diario, el cual pasa al departamento de seguridad industrial, para que las condiciones inseguras sean reparadas o aisladas y los comportamientos inseguros sean retroalimentados, para evitar su recurrencia.

- Programa 5´s: surge de la cultura japonesa y la manufactura esbelta (*Lean Manufacturing*), son 5 etapas que tienen como objetivo lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios, de forma permanente, para una mayor productividad, mejor entorno laboral y áreas seguras. La metodología de 5´s consta de lo siguiente:
 - *Seiri* (clasificación), eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil.
 - *Seiton* (orden), organizar el espacio de trabajo de forma eficaz.
 - *Seiso* (limpiar), mejorar el nivel de limpieza de los lugares.
 - *Seiketsu* (normalización), prevenir la aparición de la suciedad y el desorden.
 - *Shitsuke* (mantener la disciplina), promover la mejora continua.

3.1.6. Distribución de maquinaria

En la actualidad la planta de AGREGUA zona 6, cuenta con una distribución lineal, ya que para que cada proceso de trituración o cribado, es necesario seguir una secuencia de pasos ordenados, los cuales son: explotación, trituración primaria, trituración secundaria, trituración terciaria, clasificación y despacho.

Figura 35. **Proceso de trituración**

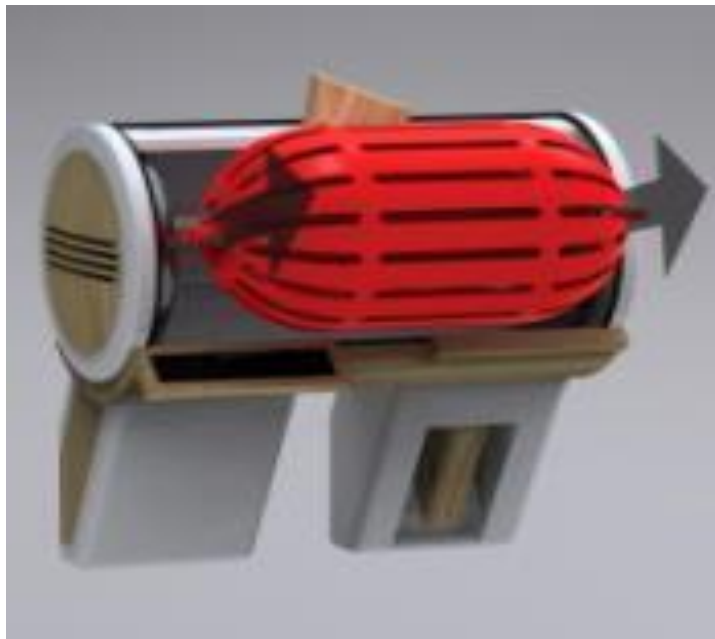


Fuente: elaboración propia.

Para la implementación de un sistema de lavado de agregados se propone añadir, de forma paralela, una serie de equipos a la distribución de la planta, los cuales serán determinados a continuación:

- Cilindro lavador: su objetivo es tomar el desecho obtenido de la trituración primaria, apartando los componentes útiles de dicha trituración, separando las arcillas y lodo. El material ingresa en un extremo de dicho cilindro y este a su vez se mantiene girando, el material fluye a través de él, lavándose, y se obtiene como resultado piedra limpia y húmeda.

Figura 36. **Funcionamiento interno de un cilindro lavador**



Fuente: www.eral.com. Abril, 2011.

Figura 37. **Cilindro lavador**



Fuente: www.eral.com. Junio, 2011.

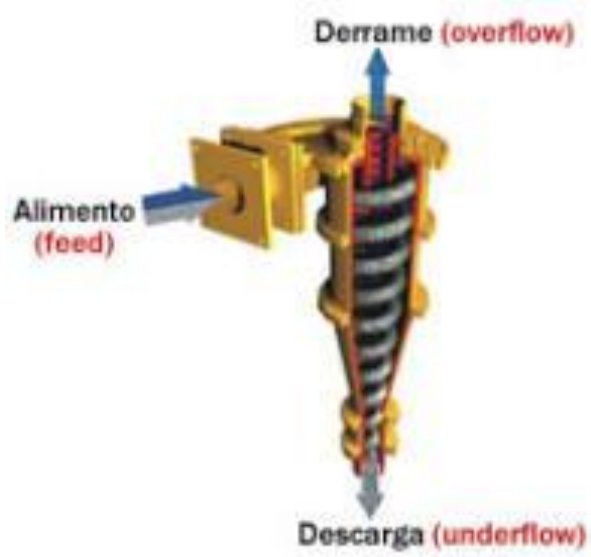
- Hidrociclón: Es un equipo que se utiliza en la separación de partículas contaminadas con sedimentos acuáticos, mediante la acción centrífuga de un ciclón. Este en su funcionamiento puede eliminar un 80% de los contaminantes.

El hidrociclón consiste de una parte cónica seguida por una cámara cilíndrica, en la cual existe una entrada tangencial para la suspensión de la alimentación (*feed*). La parte superior del hidrociclón presenta un tubo para la salida de la suspensión diluida (*overflow*) y en la parte inferior existe un orificio de salida de la suspensión concentrada (*underflow*). El ducto de alimentación se denomina inlet, el tubo de salida de la suspensión diluida se denomina vortex, y el orificio de salida del concentrado se denomina ápex.

La suspensión es bombeada bajo presión, y entrando al hidrociclón a través del tubo de alimentación, se genera un movimiento de tipo espiral descendente debido a la forma del equipo y a la acción de la fuerza de gravedad; a razón de este movimiento, se produce una zona de muy baja presión a lo largo del eje del equipo, por lo que se desarrolla un núcleo de aire en ese lugar. A medida que la sección transversal disminuye en la parte cónica, se superpone una corriente interior que genera un flujo neto ascendente también de tipo espiral, a lo largo del eje central del equipo; lo que permite que el flujo encuentre en su camino al vortex que actúa como rebalse.

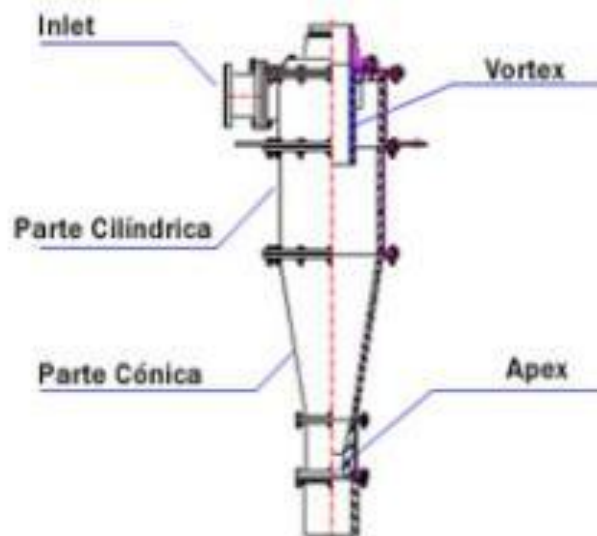
Las partículas en el seno del fluido se ven afectadas en el sentido radial por dos fuerzas opositoras: una hacia la periferia del equipo debido a la aceleración centrífuga y la otra hacia el interior del equipo debido al arrastre que se mueve a través del hidrociclón. Consecuentemente, la mayor parte de las partículas finas abandonarán el equipo a través del vortex, y el resto de las partículas, mayoritariamente los gruesos, saldrán a través del ápex. En la siguiente figura se puede observar la trayectoria de flujos dentro del hidrociclón.

Figura 38. **Funcionamiento mecánico del hidrociclón**



Fuente: www.eral.com, marzo, 2011

Figura 39. **Partes del hidrociclón**



Fuente: www.eral.com. Marzo, 2011.

- Filtro prensa: es un sistema de filtración por presión; consiste en una serie de placas y marcos alternados con una tela filtrante a cada lado de las placas; estas tienen incisiones en forma de canales para drenar el filtrado en cada placa, su funcionamiento es muy similar al de una bolsa de té.

Un filtro prensa cuenta, para su funcionamiento, con los siguientes ciclos:

- Cierre de la prensa: cuando el filtro está totalmente vacío, la cabeza movable que es activada por el sistema hidráulico-neumático, cierra las placas. La presión de cierre es autorregulada mediante la filtración.
- Rellenado: durante esta fase corta, la cámara se llena con lodos para su filtración. El tiempo de relleno depende del flujo de la bomba de alimentación. Para lodo con gran capacidad de filtración, es mejor rellenar el filtro rápidamente para evitar la formación de una pasta en la cámara primaria antes de que se haya relleno del todo.
- Filtración: una vez rellena la cámara, la llegada de manera continua de lodo que se va a tratar para ser desaguado provoca un aumento de la presión debido a la formación de una capa espesa de lodo en las membranas. Esta fase de filtración puede reducirse de manera manual, mediante un temporizador o un indicador del flujo que activa una alarma de parada, cuando se alcanza el final de la capacidad de filtración. Cuando se ha parado la bomba de filtración, los circuitos de filtración y ductos centrales que están todavía rellenos de lodo, se les aplican aire comprimido para su purgado.

- Apertura del filtro: la cabeza movable se retira para desarmar la primera cámara de filtración. La pasta cae por su propio peso. Un sistema mecanizado tira de las placas una por una. La velocidad en la separación de las placas puede ajustarse teniendo en cuenta la textura de la pasta.
- Limpieza: la limpieza de las membranas puede llevarse a cabo entre 15-30 operaciones del proceso. Para unidades largas o medias, estas tienen lugar en prensados usando spray de agua a altas presiones (80-100 bares). La limpieza está sincronizada con la separación de las placas.

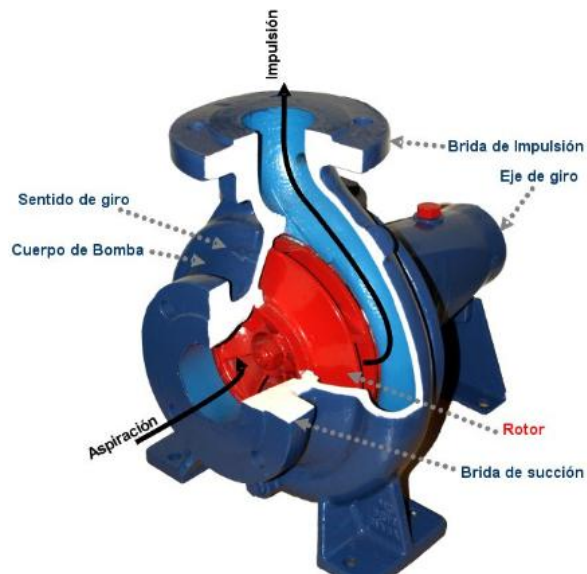
Figura 40. **Filtros prensa**



Fuente: www.eral.com. Marzo 2011.

- Bombas para sólidos o pulpas: una bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial, requeridas. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno, su forma lo conduce hacia las tabuladoras de salida o hacia el siguiente rodete (siguiente etapa).

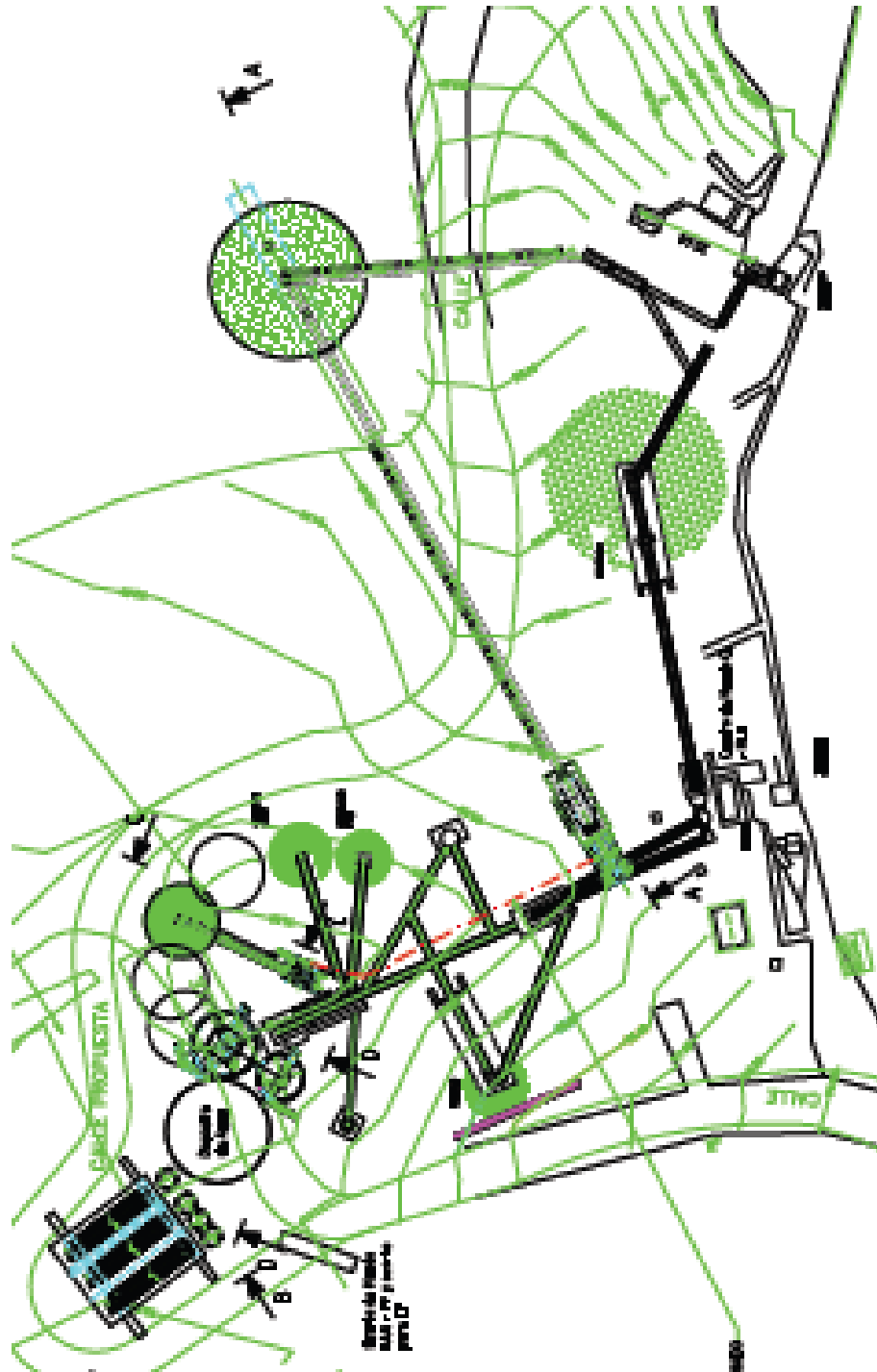
Figura 41. **Funcionamiento de bomba para solidos**



Fuente: www.warman.com. Marzo, 2011.

Estos equipos serán instalados de forma paralela a la operación, con la finalidad de agregar al proceso de trituración, un sistema de aspersion para el lavado de materiales; cuya propuesta se muestra en la figura 42.

Figura 42. Distribución de equipos de producción



Fuente: elaboración propia.

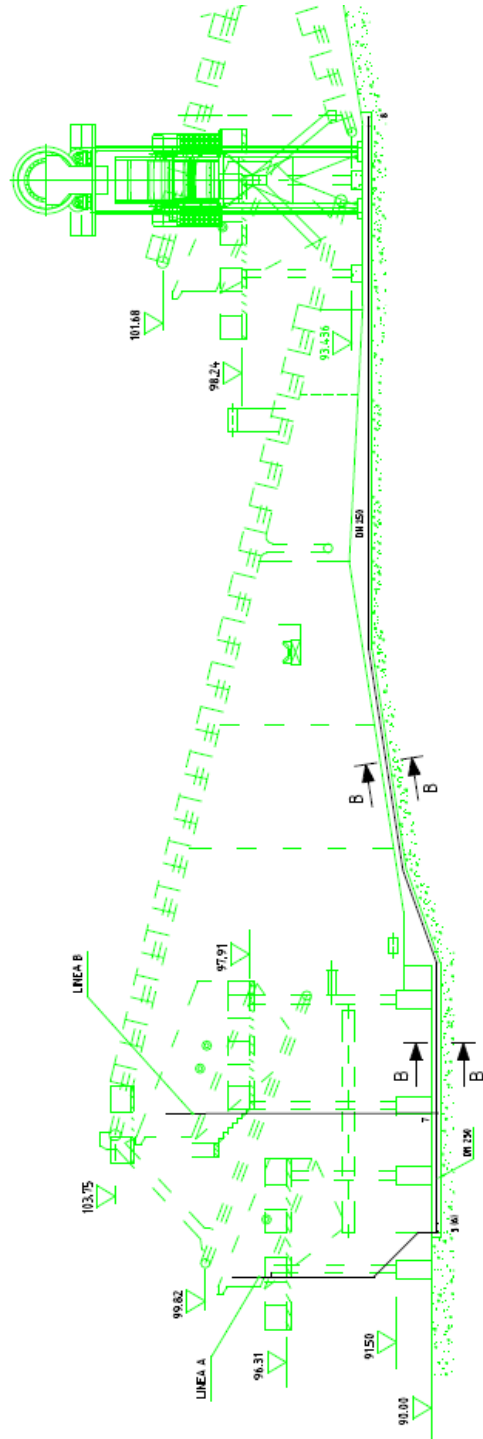
3.1.7. Diseño de tuberías

Para la implementación de un sistema de lavado y captación de agua, se debe realizar un diseño de tuberías, las cuales se adaptarán a los equipos actualmente instalados, con la finalidad de transportar eficientemente los líquidos y desechos generados en dicho proceso, el diseño se fundamenta en tres áreas fundamentales:

- Agua para lavado de agregados: el agua se transporta desde un tanque contenedor (Yamit) con 4,64 metros de altura y 10,01 metros de diámetro y una capacidad de 365 m³; en su interior se encuentra recubierto por una membrana de hule, para aumentar la vida útil del tanque por corrosión, y su exterior es fabricado con materiales tratados con zinc-cobalto de alto grado de concentración.

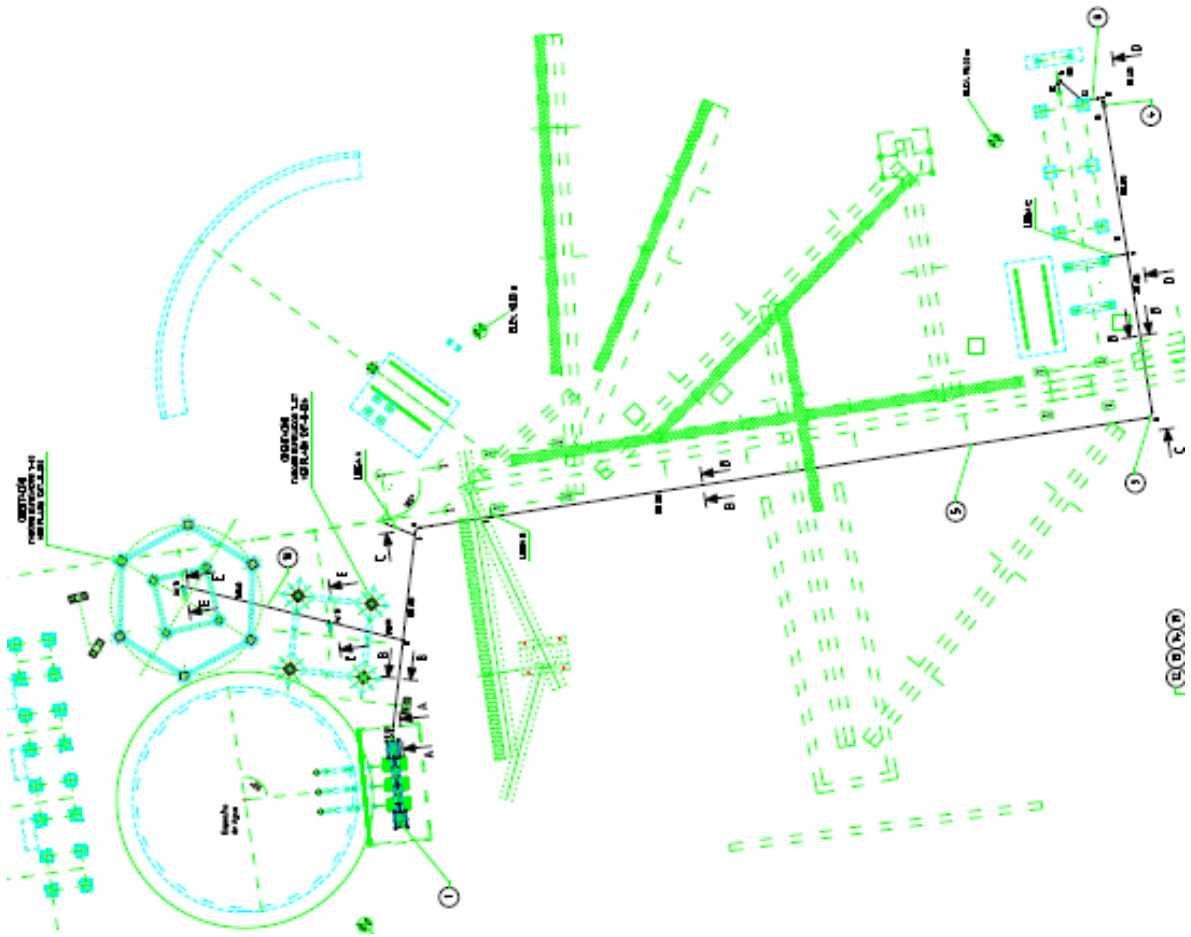
El movimiento de agua se realiza a través de un sistema de bombeo de 3 bombas de 50 hp cada una, será utilizada para el lavado de agregados en las cribas vibratorias.

Figura 43. Vista de elevación para tuberías



Fuente: elaboración propia.

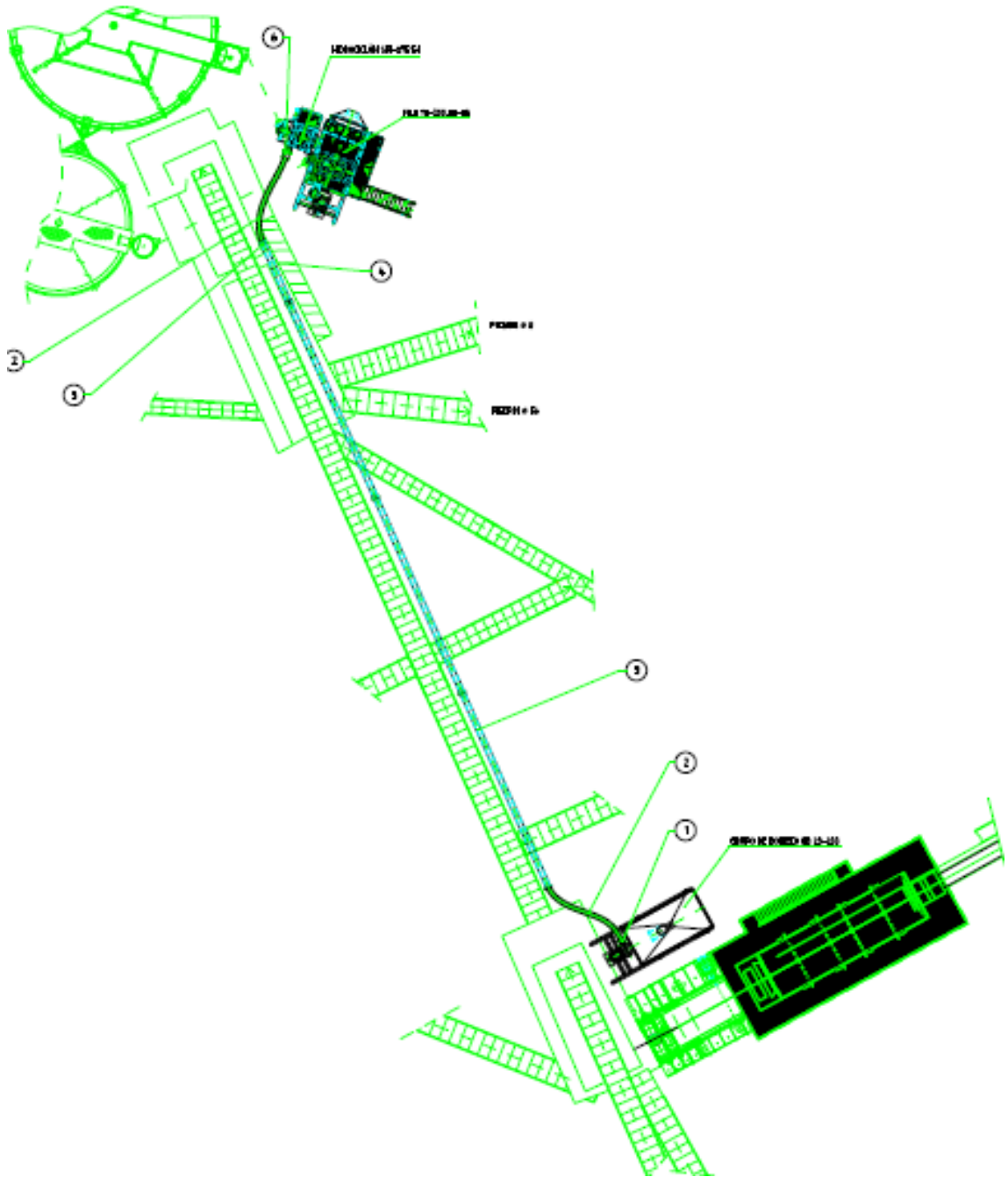
Figura 44. Vista de planta de tuberías



Fuente: elaboración propia.

- Agua con sedimentación: este líquido contiene los sedimentos e impurezas que resultan del lavado de agregados, es trasladado a través de un sistema de bombeo, hacia una planta compacta, la cual separa los agregados finos de los sedimentos ya mencionados.

Figura 45. Vista de planta tubería desde cilindro lavador hacia planta compacta

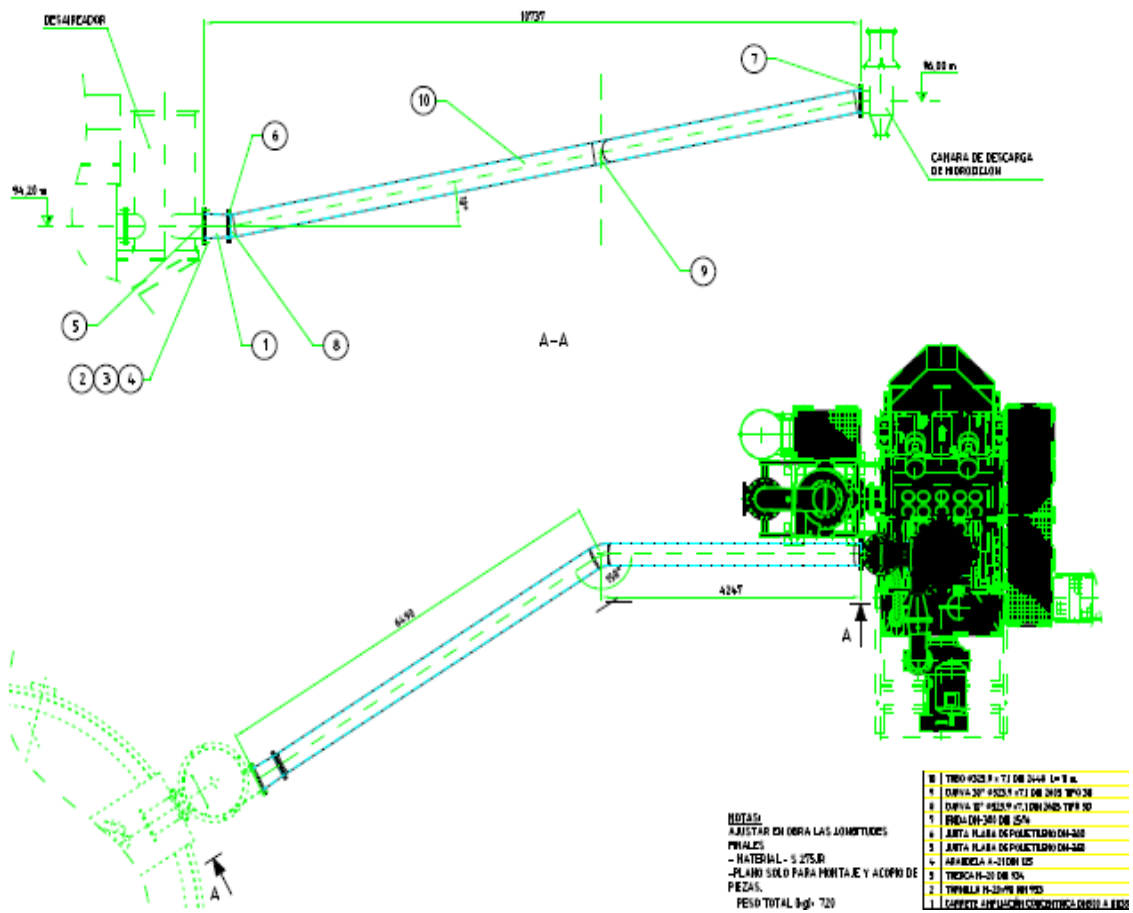


Fuente: elaboración propia.

- Lodo y recuperación de agua: la planta compacta ha separado el líquido de los sedimentos del proceso; estos son transportados a tanques contenedores, a los cuales se les debe aplicar floculante, para acelerar el proceso de sedimentación; una vez lograda la compactación del sedimento, se obtiene una forma de masa pastosa, la cual será trasladada por otro grupo de bombeo a silos de contención, para separar el sobrante de agua del lodo; dicha separación se logra a través del uso de filtros prensa, cuya función es, deshidratar el lodo que ingresa a través de presión, el lodo acumulado en los silos contiene de un 30 a 40% de agua.

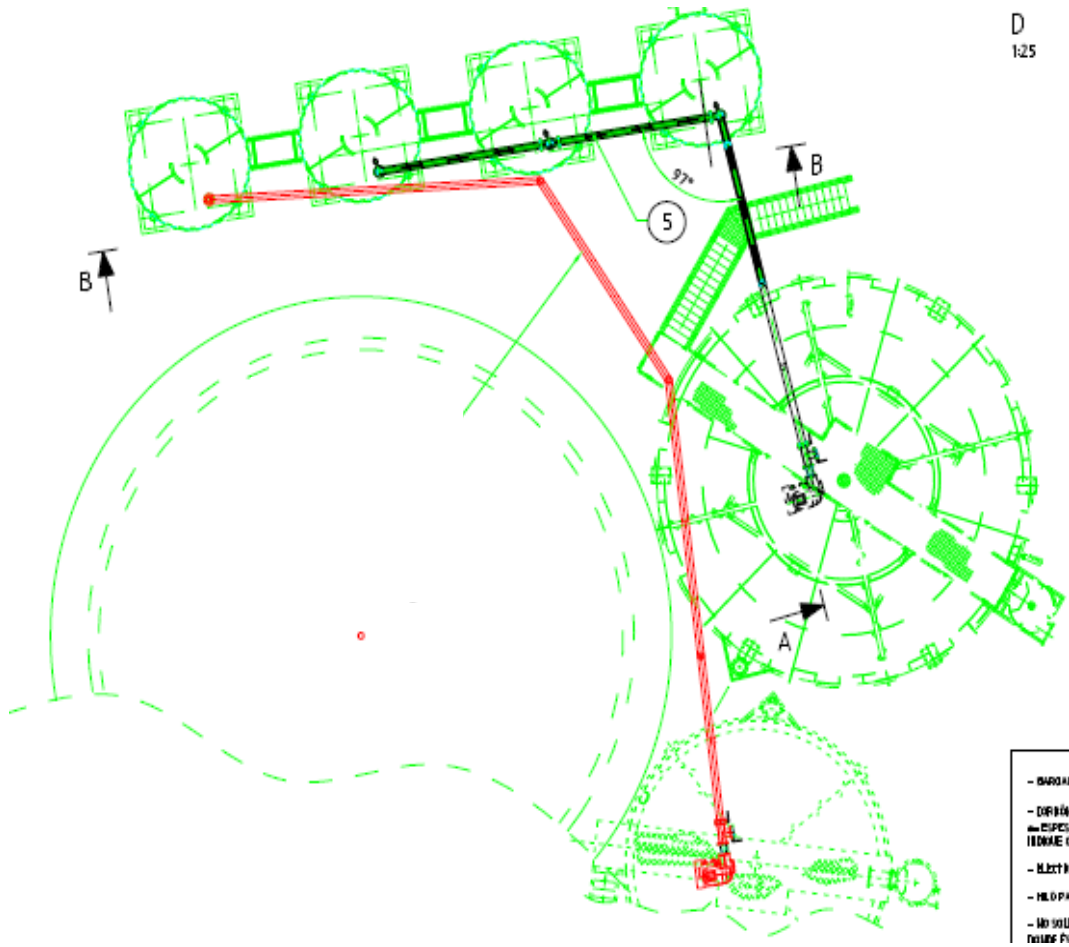
Los filtros prensa constan de 150 compartimientos plásticos que se revisten de telas filtrantes hechas de un polímero muy especial; el lodo llena las telas, y un cilindro hidráulico, las presiona hasta sacar el agua que se encuentra presente en el lodo.

Figura 46. Vista de planta y elevación desde planta compacta hacia tanques de sedimentación



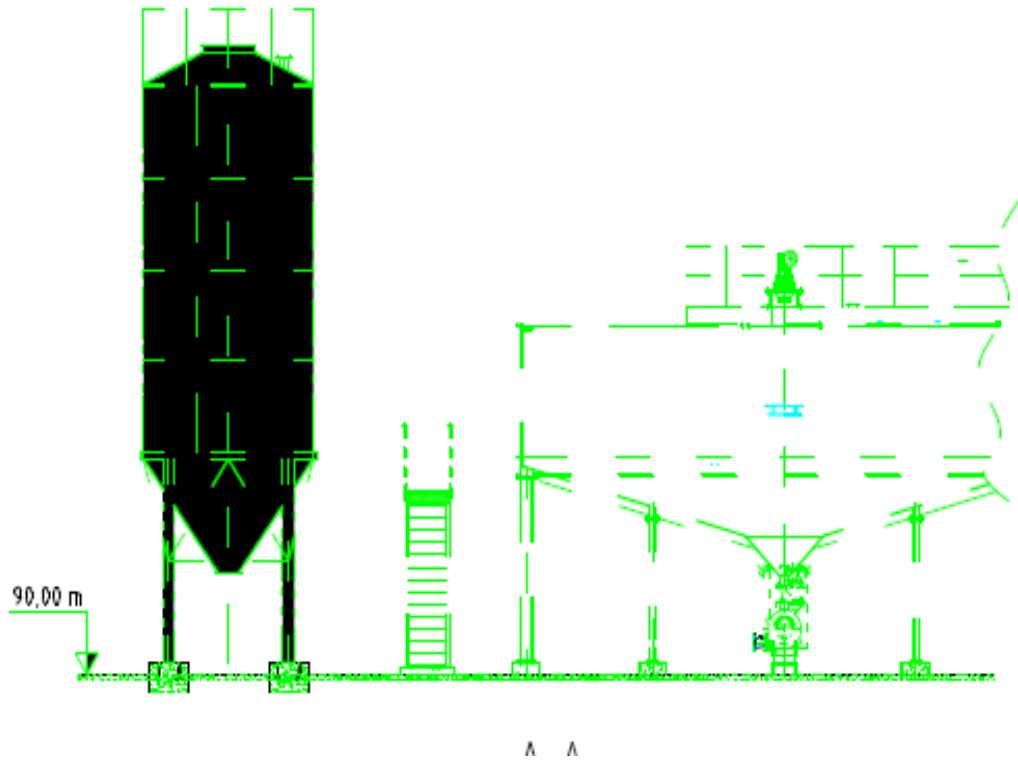
Fuente: elaboración propia.

Figura 47. Vista de planta desde tanques contenedores a silos



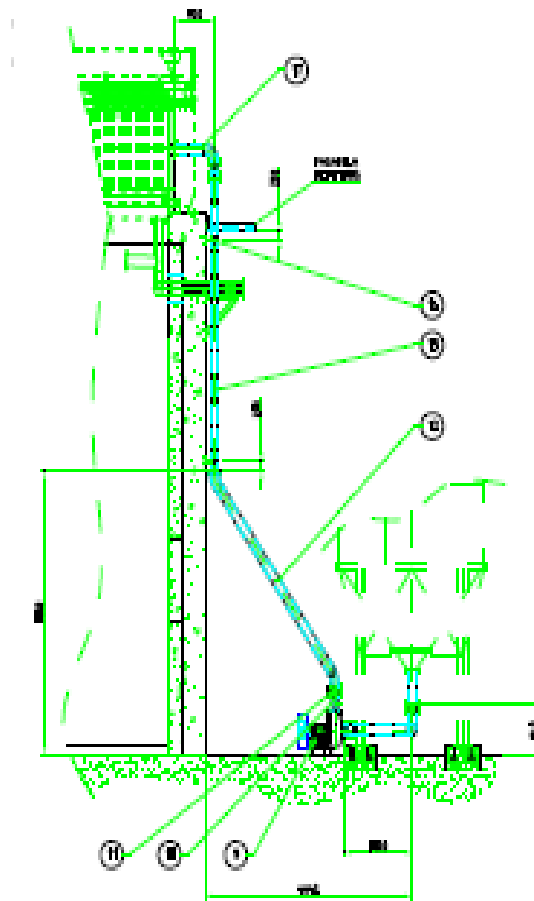
Fuente: elaboración propia.

Figura 48. Vista elevación de tanques contenedores hacia silos



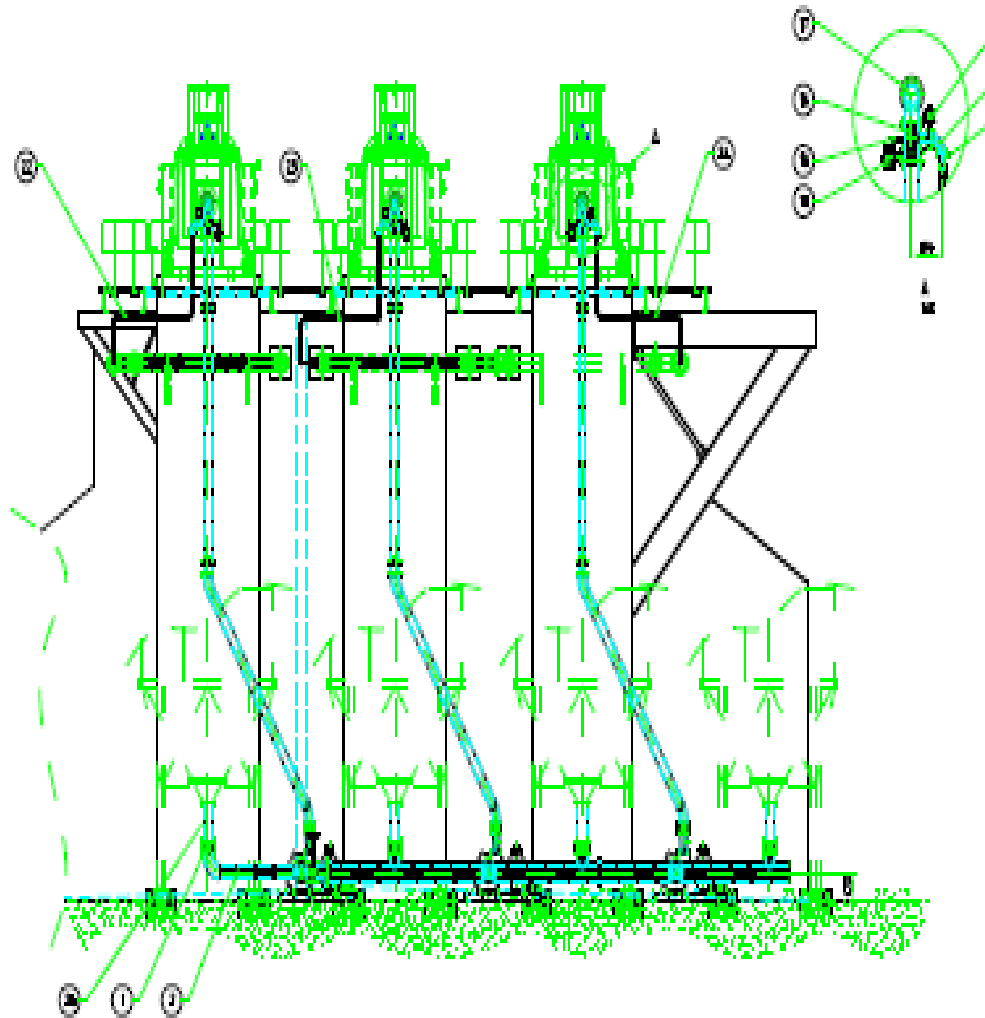
Fuente: elaboración propia.

Figura 49. Vista de perfil tuberías desde silos hacia filtros prensa



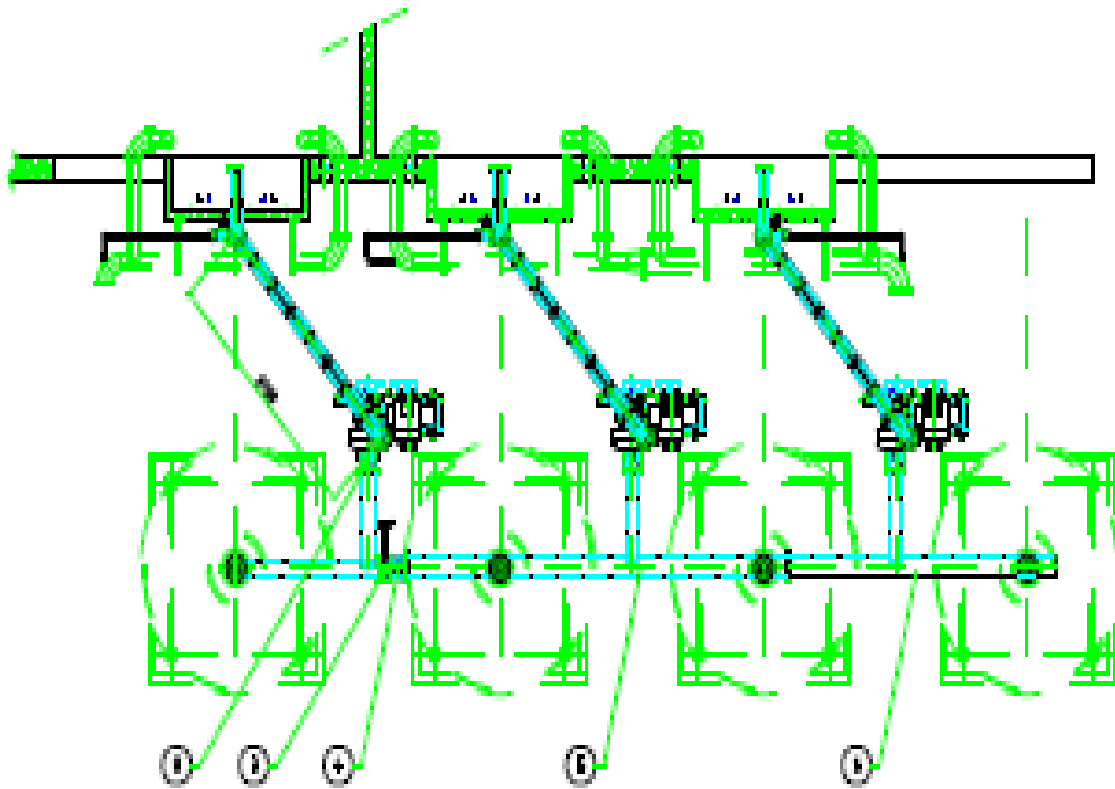
Fuente: elaboración propia.

Figura 50. Vista de elevación tuberías desde silos hacia filtros prensa



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Vista de planta de tuberías desde silos hacia filtros prensa



Fuente: elaboración propia.

3.2. Costos

Los costos que se plantearán a continuación, son valores estimados; los valores reales no serán incluidos para este tema de investigación, por ser confidenciales de la empresa.

3.2.1. Recurso humano

El recurso humano será calculado a los precios estándar del mercado laboral, tomando en cuenta las posiciones laborales efectivas de la planta, según el organigrama presentado en el capítulo 1.

Tabla XL. Costo de mano de obra

Cantidad	Puesto	Costo unitario	Costo total
1	Gerente de planta	Q 10 000,00	Q 10 000,00
1	Jefe de planta	Q 7 000,00	Q 7 000,00
1	Encargado de mantenimiento	Q 4 500,00	Q 4 500,00
4	Supervisor de producción	Q 4 500,00	Q 18 000,00
1	Analista de calidad	Q 4 300,00	Q 4 300,00
24	Operador de maquinaria móvil	Q 3 500,00	Q 84 000,00
15	Mecánico	Q 3 500,00	Q 52 500,00
13	Operador de trituración	Q 3 500,00	Q 45 500,00
2	Planificador	Q 3 200,00	Q 6 400,00
27	Ayudante general	Q 2 200,00	Q 59 400,00
89	Sumas totales		Q 291 600,00

Fuente: elaboración propia.

El costo del recurso humano cuenta con 89 posiciones efectivas, a un costo de Q.291 600,00 mensual.

3.2.2. Materia prima

El costo de la materia prima será tomado con precios del mercado en un periodo determinado de tiempo, la proporción de la cantidad de materia prima

requerida para un producto determinado también será confidencial, se presentara únicamente la forma de calcular los insumos.

Tabla XLI. **Costo de materia prima**

Unidad	Cantidad	Descripción	C. Unitario	Total
m ³	65 532,00	Materia prima	Q. 10	Q. 655 320,00
Kw	351 692,59	Energía eléctrica	Q. 5	Q. 1 758 462,97
Gal	23 368,70	Combustible	Q. 20	Q. 467 374,00
TOTAL				Q. 2 881 156,97

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Insumos por producto

Los insumos presentados son valores aproximados en un tiempo determinado de 30 días, con una producción estimada según condiciones normales, cuya finalidad es distribuir el insumo por producto terminado.

Tabla XLII. **Producción mensual notificada**

Producto terminado	Toneladas
Piedrín de 3/8"	16 760
Piedrín de 1/2"	26 002
Piedrín de 1/2" comercial	4 857
Polvo piedra	1 958
Arena caliza	20 525
Total	70 102

Fuente: elaboración propia., marzo 2011

Tabla XLIII. **Materia prima consumida**

Unidad	Cantidad	Descripción
m ³	65 532,00	Materia prima
Kw	351 692,59	Energía eléctrica
Gal	23 368,70	Combustible

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Insumos de materia prima por producto**

Producto terminado	Toneladas	Materia prima	Energía eléctrica	Combustible
Piedrín de 3/8"	16 760	15 667,40	84 082,73	5 586,99
Piedrín de 1/2"	26 002	24 306,91	130 448,64	8 667,84
Piedrín de 1/2" comercial	4 857	4 540,37	24 366,94	1 619,09
Polvo piedra	1 958	1 830,36	9 823,03	652,70
Arena caliza	20 525	19 186,96	102 971,25	6 842,07
Total	70 102	65 532,00	351 692,59	23 368,70

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Costo de producción

Se calculará un costo general de la empresa; para ello se tomarán en cuenta todos los gastos realizados y la producción total reportada, obteniendo como resultado el costo total por unidad producida.

Tabla XLV. **Producción mensual**

Producto terminado	Toneladas
Piedrín de 3/8"	16 760
Piedrín de 1/2"	26 002
Piedrín de 1/2" comercial	4 857
Polvo piedra	1 958
Arena caliza	20 525
Total	70 102

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Costo de materias primas**

Unidad	Descripción	Costo unitario	Total
m ³	Materia prima	Q 10,00	Q 655 320,00
Kw	Energía eléctrica	Q 5,00	Q 1 758 462,97
Gal	Combustible	Q 20,00	Q 467 374,00
Q,	Mano de obra	Q -	Q 291 600,00
TOTAL			Q 3 172 756,97

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Costo de producción**

Producción	70 102,00
Costo	Q 3 172 756,97
Total por unidad producida	Q 45,26

Fuente: elaboración propia.

3.2.4.1. Costo por producto

Se realizará un cálculo estimado del valor de producción por tipo de producto, para determinar su viabilidad y rentabilidad.

Tabla XLVIII. **Producción mensual notificada**

Producto terminado	Toneladas
Piedrín de 3/8"	16 760
Piedrín de 1/2"	26 002
Piedrín de 1/2" comercial	4 857
Polvo piedra	1 958
Arena caliza	20 525
Total	70 102

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Costo de materias primas consumidas**

Unidad	Descripción	Costo unitario	Total
m ³	Materia prima	Q 10,00	Q 655 320,00
Kw	Energía eléctrica	Q 5,00	Q 1 758 462,97
Gal	Combustible	Q 20,00	Q 467 374,00
Q,	Mano de obra	Q -	Q 291 600,00
Total			Q 3 172 756,97

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. Costo por producto producido

Producto terminado	Toneladas	Materia Prima	Energía Eléctrica	Combustible	Mano de obra	Costo u.
Piedrín de 3/8"	16 760,00	Q 156 674,03	Q 450 413,67	Q 111 739,87	Q 69 715,79	Q 45,26
Piedrín de 1/2"	26 002,00	Q 243 069,11	Q 652 243,22	Q 173 356,81	Q 108 159,30	Q 45,26
Piedrín de 1/2" comercial	4 857,00	Q 45 403,69	Q 121 834,68	Q 32 381,89	Q 20 203,43	Q 45,26
Polvo de piedra	1 958,00	Q 18 303,57	Q 49 115,15	Q 13 054,10	Q 8 144,60	Q 45,26
Arena caliza	20 525,00	Q 161 869,60	Q 514 856,24	Q 136 841,34	Q 85 376,68	Q 45,26
Total	70 102,00	Q 655 320,00	Q 1 758 462,96	Q 467 374,01	Q 291 599,80	Q 45,26

Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Costo de mantenimiento

El costo de mantenimiento será calculado por grupo de equipos, con la finalidad de distribuir los costos según categorías. Este tipo de distribución, ayuda a determinar en dónde se encuentran los mayores costos de la planta y de esta manera se pueden tomar decisiones para reducción de costos u optimización de equipos.

Tabla LI. **Distribución de costos de mantenimiento por áreas**

Cuenta		Costo
Producción		
552570	Materiales y repuestos	Q 4 046 562,83
552410	Mantenimiento maquinaria y equipo	Q 857 864,32
552840	Lubricantes	Q 264 110,42
511510	Mantenimiento edificios ventas	Q 12 078,99
552370	Mantenimiento edificios gerencia	Q 6 473,20
552120	Papelería y útiles	Q 5 662,63
552540	Gasolina	Q 2 076,80
552510	Bunker	Q 850,00
Total		Q 5 195 679,19
Cantera		
552570	Materiales y repuestos	Q 717 872,30
552410	Mantenimiento maquinaria y equipo	Q 286 051,24
552400	Mantenimiento vehículos	Q 10 065,82
501440	Mantenimiento vehículos administración	Q 2 194,62
Total		Q 1 016 183,98
Administración		
552570	Materiales y repuestos	Q 527,66
Total		Q 527,66

Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. **Costo de mantenimiento por equipos**

Grupo de equipos	Costo
Cargadores	Q 921 651,79
Impactor	Q 695 373,19
Fajas	Q 498 205,51
Barrenos	Q 350 462,03
Cribas	Q 635 324,20
Trituradoras	Q 400 932,05
Martillo	Q 250 804,27
Tractor	Q 299 824,77
Filtros prensa	Q 22 335,45
Costera	Q 10 060,77
Grupos de bombeo	Q 147 146,32
Camiones	Q 35 794,09
Moto niveladoras	Q 117 375,08
Excavadoras	Q 197 392,72
Tratamiento de lodos	Q 227 566,06
Mini cargadores	Q 58 475,43
Microbús	Q 22 105,36
Motores eléctricos	Q 34 359,01
Alimentadores	Q 104 086,08
Lavador de arena	Q 892,86
Pick-up	Q 14 516,72
Hidroconos	Q 12 540,96
Báscula	Q 17 670,99
Edificio taller	Q 6 637,44
TOTAL	Q 5 081 533,15

Fuente: elaboración propia.

3.2.6. Costo de instalación

Los costos de instalación del proyecto dependen del tipo de tarea que se esté realizando, y del precio que tengan los equipos en el momento dado, según variaciones de tasas de mercado, inflación y transporte; los equipos que se deben de adquirir para la implementación son:

- Área de lavado y clasificación
 - Alimentador vibrante
 - Alimentador de banda
 - Cinta transportadora
 - Báscula de cinta
 - Cilindro lavador
 - Escurridor vibrante

- Lavado de arenas
 - Planta de ciclonado
 - Planta compacta
 - Cinta transportadora radial

- Tratamiento de aguas
 - Tanque clarificador T10
 - Equipo automático de floculación
 - Bomba de lodos Warman
 - Tanque clarificador T07
 - Equipo de floculación
 - Depósito de agua clarificada
 - Grupo de bombeo Itur
 - Tratamiento de lodos

- (4) Silo pulmón 50 m³
- (3) Grupo de bombeo Warman
- (3) Filtro prensa

- Sistema eléctrico
 - (2) Paneles de cabina control
 - Paneles de sistemas de relevación de potencia
 - Cableado general para equipo

- Equipos auxiliares
 - Estructuras de soporte cilindro lavador
 - Escaleras, pasarelas, barandillas para cintas transportadoras
 - Obra civil para soporte de filtros prensa
 - Canaletas y tolvas de conexión de equipos de planta
 - Tuberías, bridas, válvulas y accesorios para la conexión de los equipos de fusión con planta

- Gastos de importación
 - Gastos FOB (de fábrica hacia puerto de país extranjero)
 - Gastos CIF (Transporte marítimo de puerto extranjero hacia Guatemala)

- Gastos de servicios
 - Supervisión de montaje y puesta en marcha
 - Gastos de viaje y estancia

- Gastos de ingeniería
 - Estudio del proyecto, diseño de la instalación y dimensionamiento de equipos

- Planos generales de implantación, huellas de obras civiles y planos de conjuntos mecánicos con detalle de conexiones entre equipos y tuberías.

3.3. Mantenimiento de equipo

El mantenimiento del equipo, como se ha clasificado previamente, puede listarse según las actividades del equipo, definir el mantenimiento preventivo, según especificaciones del fabricante o bien el mantenimiento correctivo, definiendo las actividades, tiempo de operación, piezas de desgaste y durabilidad de sus componentes.

3.3.1. Preventivo

El mantenimiento preventivo se puede definir como el recambio o manutención de equipos según las especificaciones básicas del fabricante y tipo de maquinaria o equipo; los mantenimientos preventivos que pueden aplicarse, se describirán a continuación:

Tabla LIII. **Costo de mantenimiento preventivo**

Equipo	Frecuencia en horas		
	Servicio menor	Servicio medio	Servicio mayor
Cargador frontal	250	500	1 000
Tractor	250	500	1 000
Excavadora	250	500	1 000
Barreno	250	500	1 000
Camión de volteo	250	500	1 000
Criba vibratoria			500
Reductor	1 000		3 000
Bomba	100	1 000	3 000
Llanta de cilindro	150		
Banda transportadora	150		
HSI			500
VSI			500
Filtro prensa	300		3 000
Compresor	250	500	1 000

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. **Correctivo**

El mantenimiento correctivo varía según la operación del equipo, sus elementos funcionales y su tiempo de operación; existe una amplia gama de mantenimientos correctivos, de los cuales solo se mencionarán los siguientes, según su género o tipo de maquinaria:

- Maquinaria móvil:
 - Reparación de cilindro hidráulico
 - Soldadura en chasis
 - Reparación mayor de transmisión
 - Reparación mayor de motor

- Reparación mayor de ejes diferenciales
- Cambio de sistemas de rodaje o llantas
- Fallas en sistemas eléctricos
- Calibración y ajuste de frenos

- Bandas transportadoras
 - Cambio de cinta transportadora
 - Instalación y reparación de uniones de cinta transportadora
 - Cambio de rodos de tracción, cola, retorno, carga o impacto

- Cribas vibratorias
 - Cambio de cojinetes de contrapeso
 - Cambio de mallas de cribado
 - Soldadura en chasis
 - Soldadura de tolvas
 - Limpieza en sistema de lavado y tuberías
 - Instalación de parches en mallas de cribado
 - Cambio de fajas de tracción
 - Rebobinado de motor eléctrico

- Impactador de eje vertical u horizontal
 - Cambio de corazas
 - Cambio de cojinetes de eje
 - Soldadura en chasis y tolvas
 - Reapriete o cambio de tornillería

- Filtro prensa
 - Cambio de telas filtrantes
 - Soldadura en chasis y tuberías

- Reparación de válvulas
- Reconfiguración de PLC
- Reparación de corto circuito
- Cambio de componentes eléctricos

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Plan de acción

Se propone una serie de actividades para la aplicación de la propuesta y así minimizar el impacto al medio ambiente.

4.1.1. Implementación del plan

El diseño operacional, estructuración y funcionamiento de equipos, así como la modificación y adaptación de la maquinaria actual con la nueva, será definida según la programación interna, la cual será detallada a continuación.

4.1.1.1. Planificación de actividades

La planificación de actividades consta de generar una lista de eventos, cuyos recursos y ejecución, serán estimados en un intervalo de tiempo definido, se hará uso del programa Project de Microsoft, para compilar dichas actividades y determinar su cumplimiento.

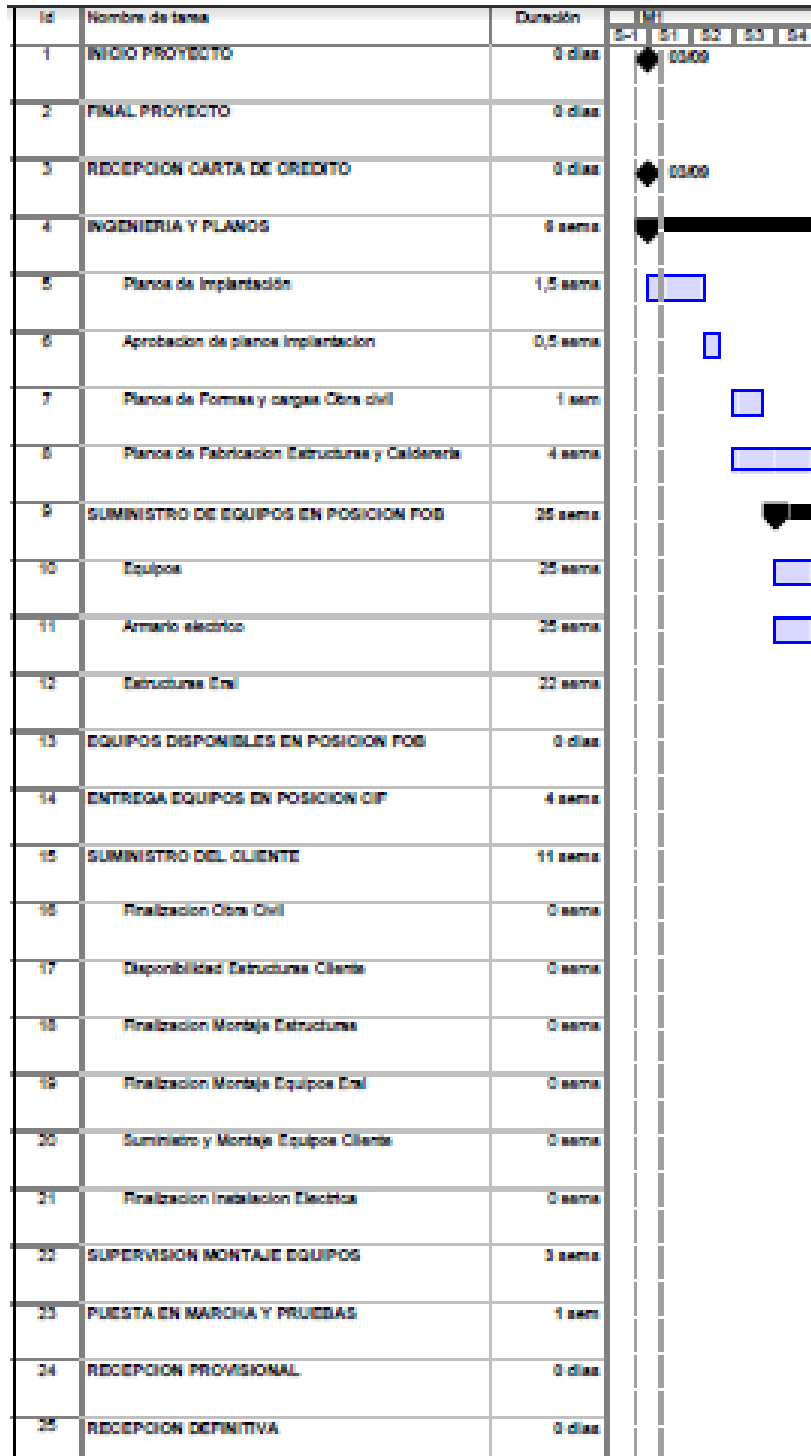
Las actividades que deberán considerarse son:

- Inicio del proyecto
- Realizar planos de implantación
- Aprobación de planos
- Planos de formas y carga obra civil
- Planos de fabricación estructura

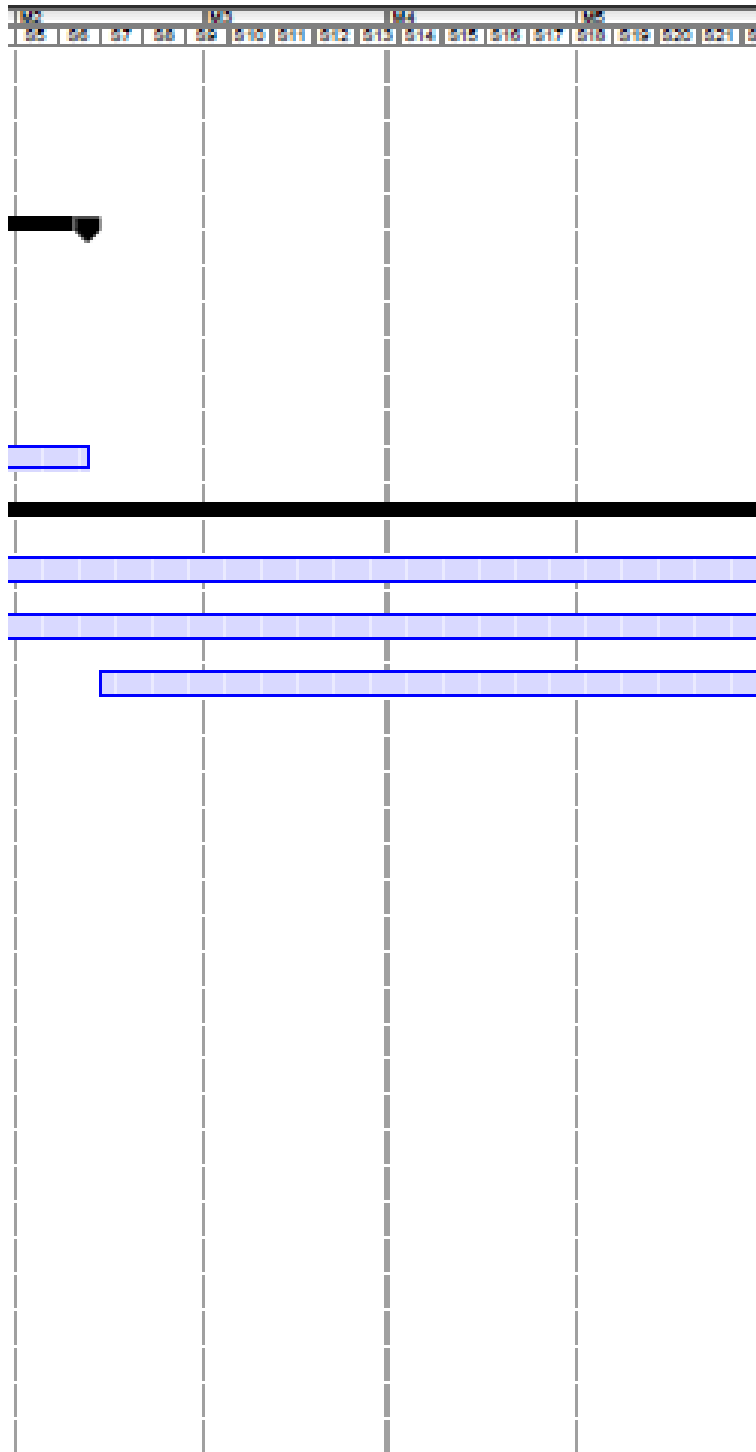
- Suministro de equipos FOB
- Suministro eléctrico FOB
- Suministro estructuras FOB
- Entrega de equipos CIF
- Finalización de obra civil
- Montaje de estructuras
- Montaje de equipos
- Montaje eléctrico
- Supervisión de montaje
- Puesta en marcha y pruebas
- Recepción provisional
- Recepción definitiva y fin del proyecto

El proyecto tendrá una duración de 45 semanas, distribuidas de la siguiente manera:

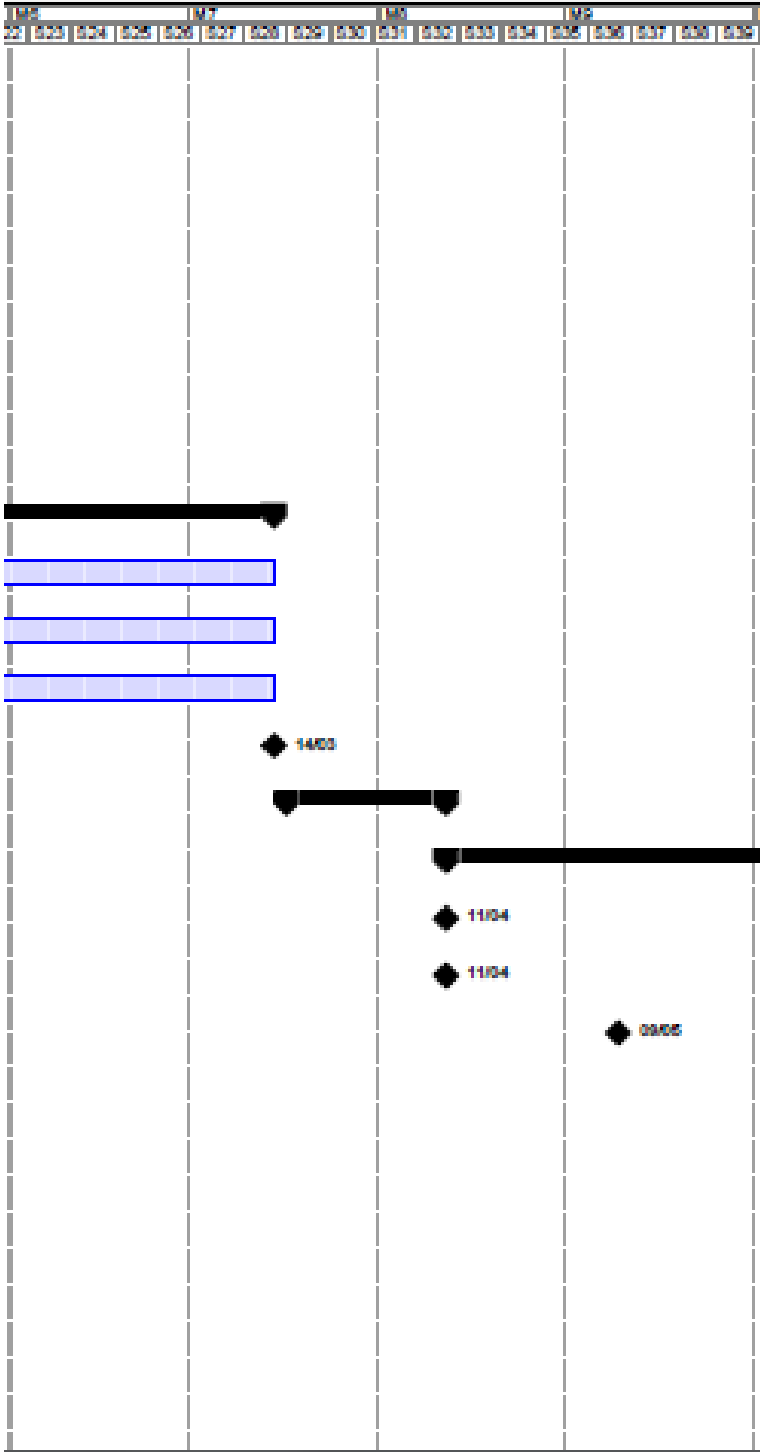
Figura 52. Diagrama de actividades de montaje



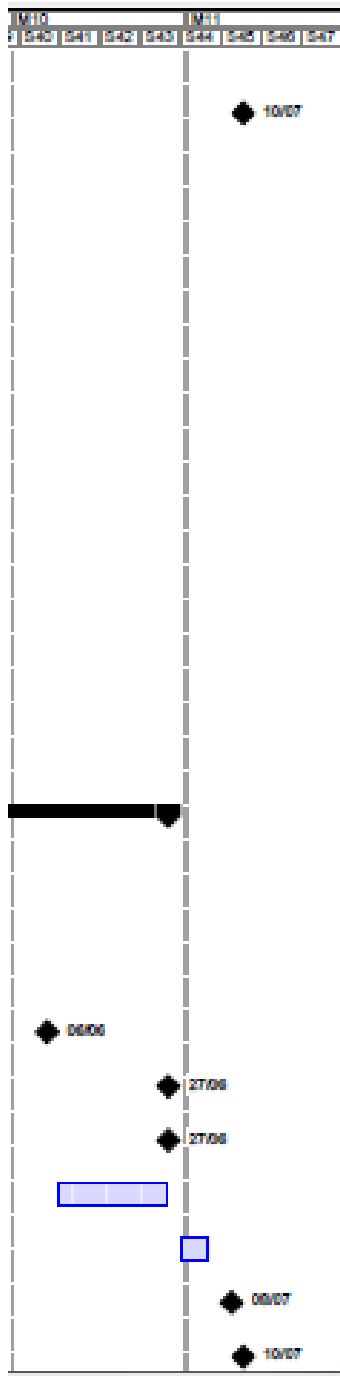
Continuación de figura 52.



Continuación de figura 52.



Continuación de figura 52.



Fuente: Contrato de instalación Eral, p. 62.

4.1.1.2. Topografía

Se entiende por topografía como la ciencia de efectuar mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas a puntos situados arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra; o bien de establecer tales puntos en una posición específica. Las mediciones de la topografía son, esencialmente, las de distancia –horizontal y vertical- y las de dirección.

Para el montaje e instalación de equipos se realizarán los siguientes estudios:

- Levantamiento topográfico: serán efectuados con el fin de obtener los Datos: del terreno necesarios para la elaboración de planos y cartas topográficas, las cuales constan de curvas de nivel, para determinar el terreno, lagos, ríos, carreteras y otras obras construidas alrededor, por el hombre.
- Estudios hidrográficos: comprenden las operaciones requeridas para presentar las cartas y planos de los cuerpos de agua, trazar líneas de fondo de corrientes, lagos, bahías y aguas costeras, y de esta manera poder aprovechar los recursos hidráulicos del área.

4.1.2. Entidades responsables

Durante la ejecución del proyecto, deber haber entidades responsables del mismo.

4.1.2.1. Gerencia

Será la encargada de establecer las directrices del proyecto, así como el rumbo de la empresa; dichas directrices se pueden dividir en los siguientes ramos:

- Establecimiento de objetivos: describe el negocio, al cual, la división o compañía se dedicaran, el crecimiento continuo y sus mejoras.
- Estrategia de planeación: desarrollan conceptos, ideas y planes, para el cumplimiento de los objetivos con éxito.
- Proporcionar el personal y capital: contratación, selección y desarrollo del personal, así como proporcionar la planta, equipos y otras instalaciones; también asegura de que el negocio disponga de fondos y créditos necesarios para realizar el montaje de maquinaria y equipo.

4.1.2.2. Producción

Es el encargado de formular y desarrollar los métodos más adecuados para la elaboración de los productos, al suministrar: mano de obra, equipo, instalaciones, materiales y herramientas requeridas.

El departamento de producción, también, establece los estándares necesarios para respetar las especificaciones requeridas en cuanto a calidad, lotes de producción, inventarios, mermas, etc.; así como, el arranque y pruebas específicas del funcionamiento de la instalación final.

4.1.2.3. Proyectos nuevos

Las funciones principales del departamento de proyectos nuevos serán las siguientes:

- Formular el proyecto y presentarlo a la organización.
- Realizar el seguimiento de las propuestas presentadas con objeto de cumplir los requerimientos de los inversionistas.
- Participar en las tareas de difusión y sensibilización.
- Gestionar la documentación del proyecto, que defina el ciclo de vida del mismo.
- Coordinación permanente del resto de áreas para dar respuesta a las necesidades surgidas en materia de proyectos.

4.2. Implementación de áreas

Se diseñan las mejoras para todos los procesos de planta.

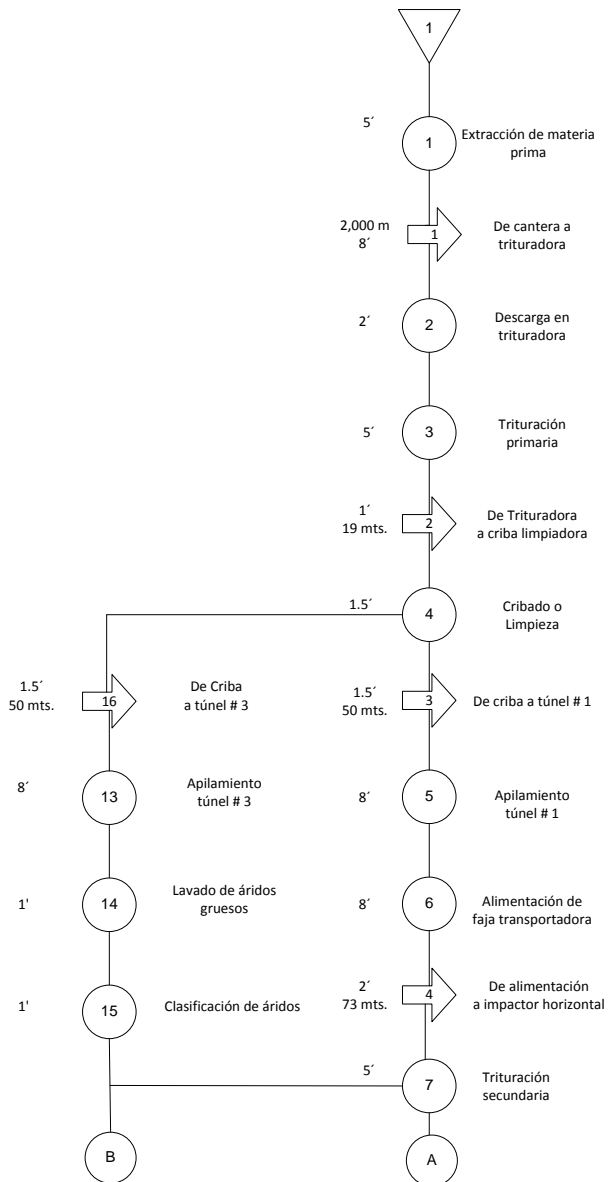
4.2.1. Diagrama de proceso mejorados

Se reduce el tiempo de producción en todos los productos terminados y se aumenta la cantidad de productos terminados, las mejoras se detallan los diagramas de flujo, operación y recorrido según se muestra en las figuras 53, 54 y 55 respectivamente.

Figura 53. Diagrama de flujo mejorado fabricación de agregados

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
 Departamento: Ingeniería
 Analizado por: Marlon Argueta
 Inicia: Cantera

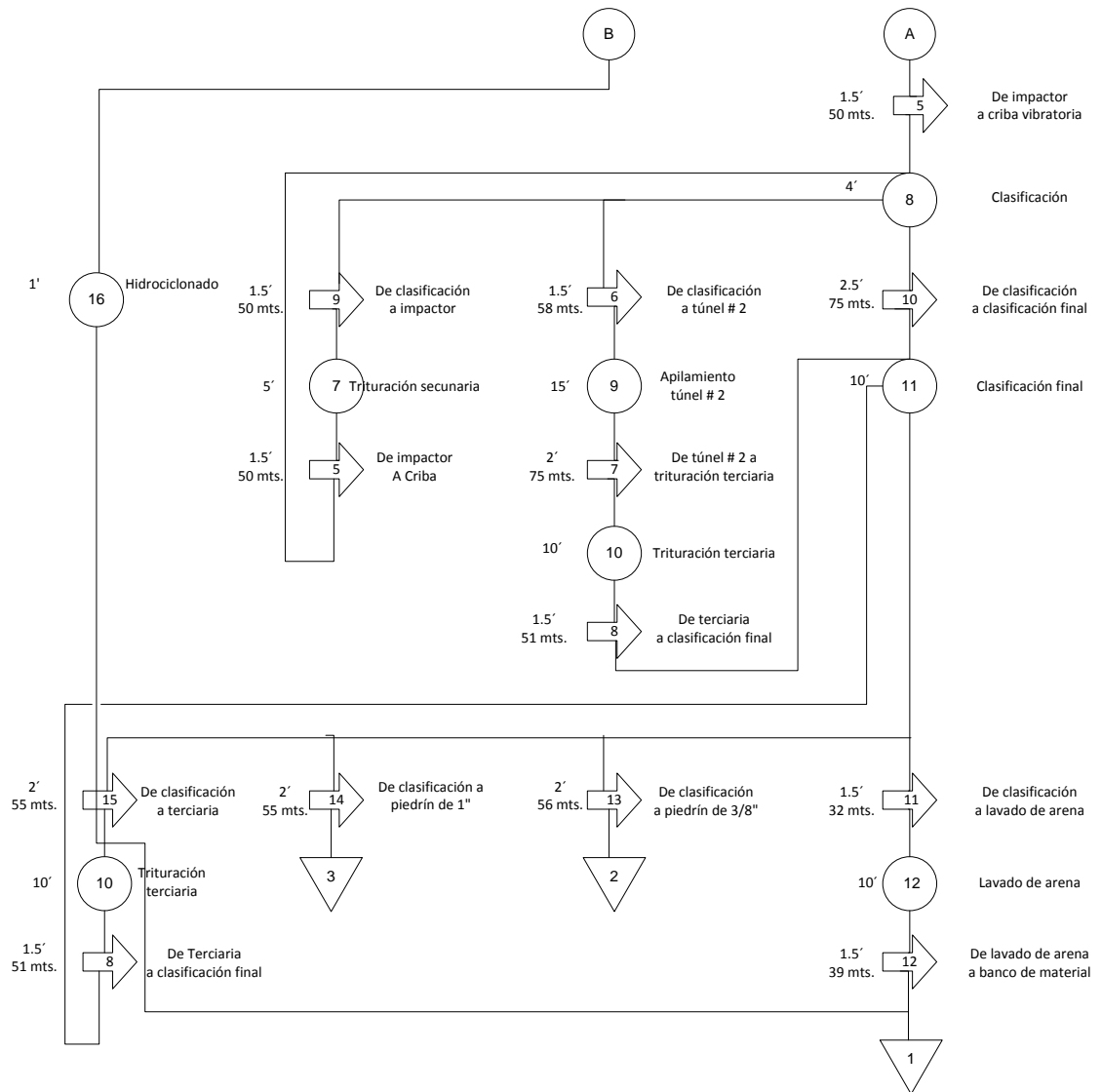
Hoja: 1/3
 Fecha: 01.02.11
 Método: Mejorado
 Fin: Producto terminado



Continuación figura 53.

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
 Departamento: Ingeniería
 Analizado por: Marlon Argueta
 Inicia: Cantera







Hoja: 2/3
 Fecha: 01.02.11
 Método: Mejorada
 Fin: Producto terminado



Continuación figura 53.

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
 Departamento: Ingeniería
 Analizado por: Marlon Argueta
 Inicia: Cantera

Hoja: 3/3
 Fecha: 01.02.11
 Método: Mejorado
 Fin: Producto terminado

RESUMEN			
DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO
Proceso		15	83.5'
Recorrido		16	32'
Demora		0	0
Inspección		0	0
Operaciones combinadas		0	0
Almacenaje		BMP =1 BPT= 3	0
Sumatoria para producción de 3 batch 115.5'			
<ul style="list-style-type: none"> * Se minimizaron tiempo de operación. * Se minimizaron tiempos de traslado y * Se acortaron las distancias de transporte 			

Fuente: elaboración propia.

Figura 54. Diagrama de operaciones mejorado fabricación de agregados

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.

Departamento: Ingeniería

Analizado por: Marlon Argueta

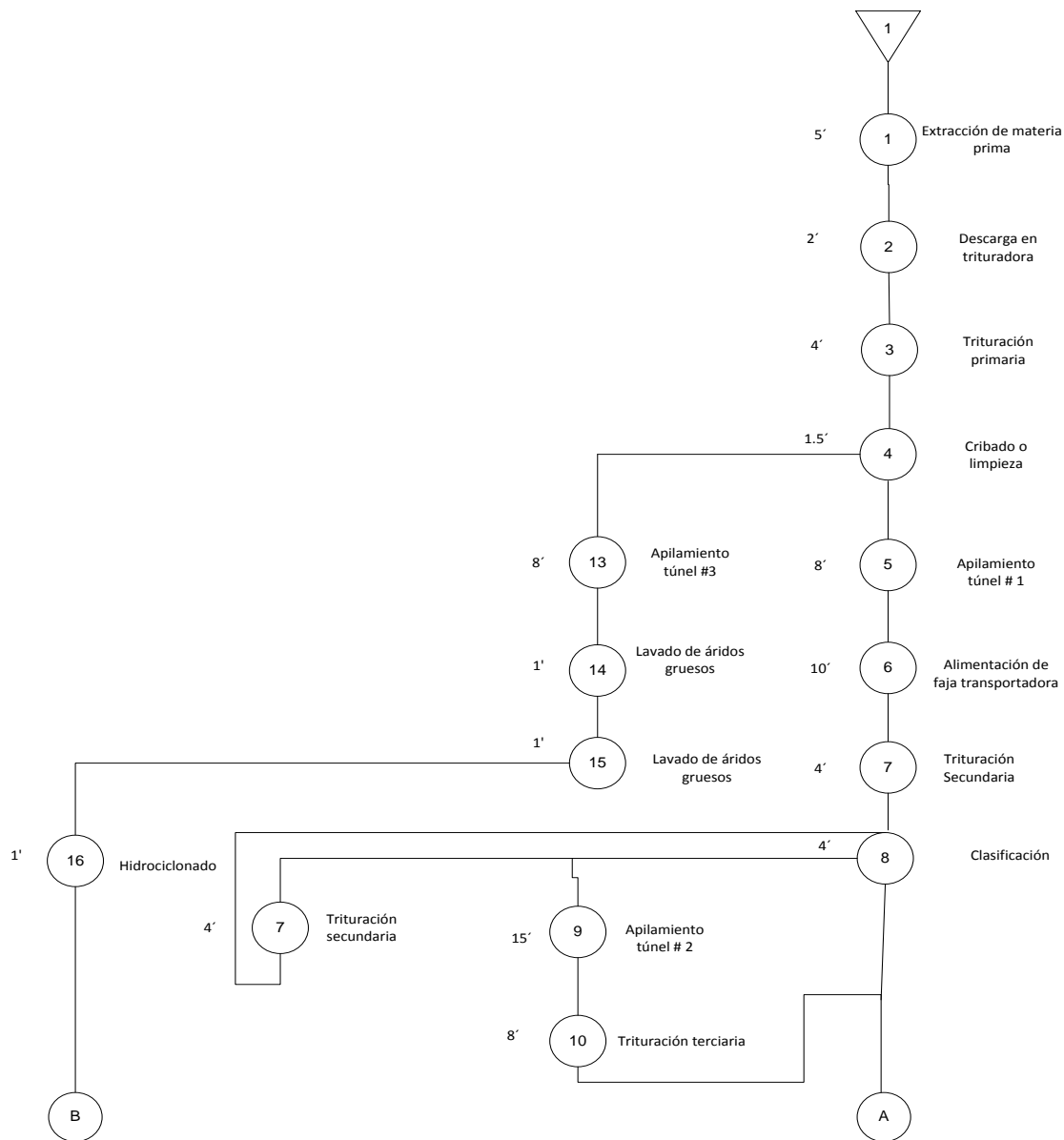
Inicia: Cantera

Hoja: 1/2

Fecha: 01.02.11

Método: Mejorado

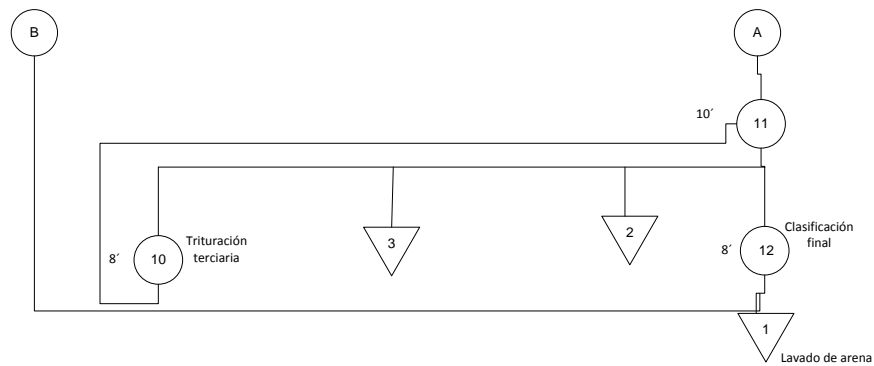
Fin: Producto terminado



Continuación figura 54.

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
 Departamento: Ingeniería
 Analizado por: Marlon Argueta
 Inicia: Cantera

Hoja: 2/2
 Fecha: 01.02.11
 Método: Mejorado
 Fin: Producto terminado



RESUMEN			
DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO
Proceso	○	16	79.5'
Recorrido	➔	0	0
Demora	⌢	0	0
Inspección	□	0	0
Operaciones combinadas	⊗	0	0
Almacenaje	▽	BMP =1 BPT= 3	0
Sumatoria para producción de 3 batch			79.5'
* Se minimizaron los tiempos de operación y varios procesos			

Fuente: elaboración propia.

Figura 55. Diagrama de recorrido fabricación de agregados

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.

Hoja: 1/1

Departamento: Ingeniería

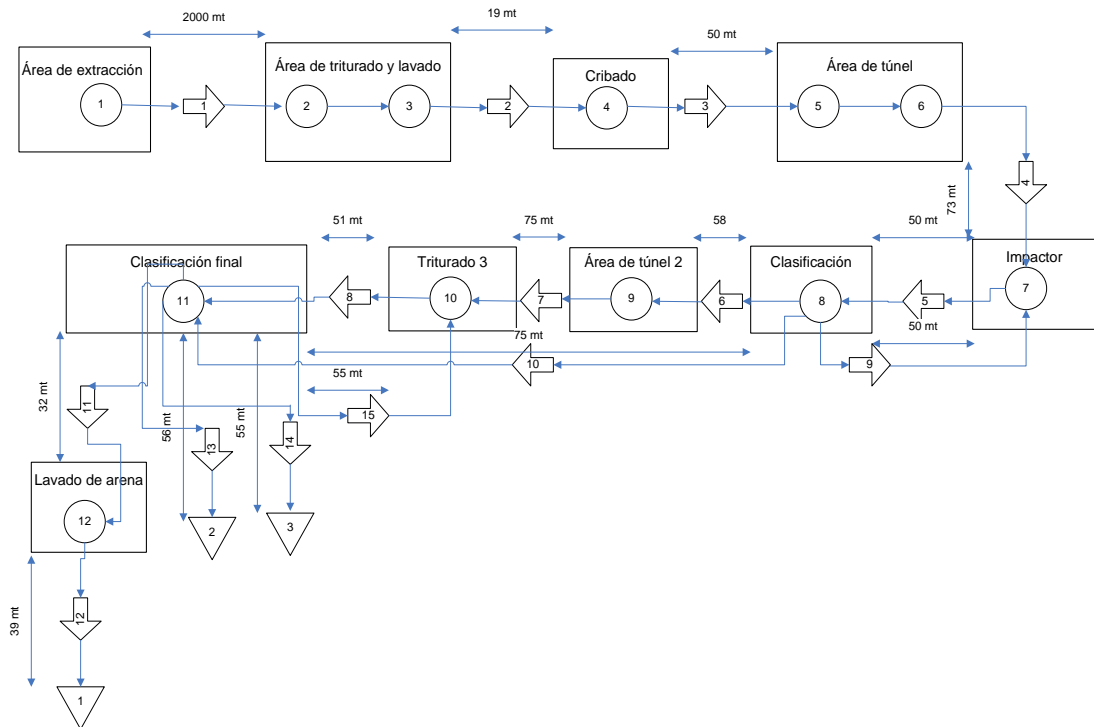
Fecha: 01.02.11

Analizado por: Marlon Argueta

Método: Mejorado

Inicia: Cantera

Fin: Producto terminado



Fuente: elaboración propia.

4.3. Almacenaje de materia

El almacenamiento de la materia prima, por su naturaleza, no se llevará a cabo en una bodega o almacén específico, sino en una cantera a cielo abierto; para el suministro de materias primas se contará con un plan de extracción o explotación, para poder mantener el ritmo de producción de la planta.

El costo de almacenaje de la materia prima se reduce a cero, ya que no existe un costo por mantener la cantera; los costos involucrados en la explotación de dicha materia, se encuentran referidos en el capítulo 3, de este documento.

4.4. Transporte de materia prima

Para el transporte de la materia prima hacia el área de producción se requiere de los siguientes equipos:

- Tractor de orugas: será utilizado para apilar la materia prima y facilitar su acceso para carga.
- Excavadora: su función principal es la carga de camiones en lugares donde existe una diferencia de altura entre la plataforma de carga y el banco de materia prima; también puede ser utilizada para alcanzar peñas o rocas en altura, donde el acceso es muy restringido.
- Cargador frontal: será utilizado para la carga de camiones en el área de cantera, dicho equipo, deberá estar previsto de dientes en su cucharón, para prolongar la vida del equipo.

- Camión de volteo: es la herramienta básica para el traslado de la materia prima, su palangana o caja de volteo será prevista de un revestido especial para prolongar su vida útil; para el suministro se utilizarán camiones de volteo de tres ejes.

4.5. Almacenaje de producto terminado

Los productos serán almacenados en dos áreas: la primera será al final de las bandas transportadoras de productos terminados y la segunda, será dentro de la planta, al aire libre y separado unos de otros, para tener mayor facilidad en el despacho y evitar contaminaciones.

4.6. Distribución y despacho de producto terminado

El despacho y distribución de los productos terminados maneja dos modalidades:

- Producto puesto en obra: el cliente requiere la cantidad de materia que necesita y esta es enviada a través de camiones contratistas hacia la dirección o lugar que el cliente especifique.
- Compra directa: el cliente ingresa a la planta con vehículo propio y adquiere la cantidad que desea.

Para el despacho del producto terminado se hace uso de cargadores frontales, provistos con un cucharón de cuchillas o dientes, para aumentar la durabilidad y disponibilidad de los equipos.

4.7. Material de desecho

Se entiende por desecho a todo material derivado de la piedra que ya no es útil para la producción de agregados, ya sea por sus propiedades o por contaminaciones que este contenga.

4.7.1. Almacenaje de desecho

El desecho de la producción se ubicará en el área de los filtros prensa, ya que los filtros prensa se encuentran ubicados en una estructura hueca y abierta de 15mts de altura, tal como lo indica el capítulo 3, sección 1,7; este lugar permite el acceso de maquinaria y equipos que faciliten su traslado.

4.7.2. Transporte de desecho

El transporte del desecho será realizado con cargadores frontales o excavadoras, los cuales alimentarán camiones de volteo, dichos camiones tendrán dirección hacia una planta productora de cemento ubicada en Sanarate, El Progreso.

4.8. Logística en el proceso

Para el suministro y distribución de los productos terminados hacia los clientes, se implementarán sistemas de colores y procesos para despacho.

4.8.1. Áreas señalizadas

Para el estándar de señalización de planta se diseñarán estándares de utilización de colores; en esto se definirán los siguientes normativos:

Tabla LIV. **Estándar de colores de seguridad**

Color de fondo	Color de texto	Indicador
Amarillo	Negro	Precaución
Celeste	Blanco	Obligatorio
Rojo	Negro	Peligro
Verde	Blanco	Seguridad industrial

Fuente: elaboración propia.

El estándar de señalización será implementada a lo largo de toda la planta para que los visitantes/clientes, puedan dirigirse dentro de la misma hacia donde lo requieran.

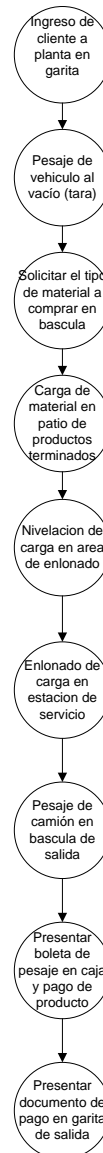
4.8.2. Manejo de clientes

Para el buen manejo de clientes y reducción de tiempo dentro de planta se ha generado el siguiente proceso interno.

Figura 56. Diagrama para ingreso de clientes a planta

Empresa: Agregados de Guatemala S.A.
Departamento: Ingeniería
Analizado por: Marlon Argueta
Inicia: Garita de entrada

Hoja: 1/1
Fecha: 01.02.11
Metodo: Actual
Fin: Garita de salida



Fuente: elaboración propia

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Resultados obtenidos

La toma de decisiones acerca de políticas y gestión de operaciones tendrán su base en los resultados obtenidos de los estados financieros de la empresa.

5.1.1. Análisis financiero

Serán todas las herramientas contables y administrativas que brindarán información acerca del comportamiento y rentabilidad del negocio. Dichas herramientas son conocidas como índices, indicadores, ratios o razones financieras, de los cuales, los más importantes a considerar son:

- Índice de acidez o prueba del ácido: este índice mide la capacidad de la empresa para afrontar sus obligaciones a corto plazo. Para ello se ponen en relación el activo circulante con el pasivo circulante.

$$\text{Índice de acidez} = \frac{\text{Activo circulante} - \text{Inventarios}}{\text{Pasivo circulante}}$$

Indica cuántas unidades monetarias son realizables a corto plazo por cada unidad exigible en el mismo periodo, o bien, la capacidad que tiene la empresa para pagar las deudas a corto plazo.

Si se cuenta con un índice = 1.5, significa que, por cada unidad monetaria que se debe, se poseen 1.5 unidades monetarias para pagar.

Si se cuenta con un índice = 1, significa que por cada unidad monetaria que se debe, se posee una unidad monetaria para pagar.

Si se cuenta con un índice = 0.9, significa que, por cada unidad que se debe, se cuenta con 0.9 unidades monetarias para pagar.

En este indicador se obtendrán valores convenientes si son mayores que 1 (uno).

- Rentabilidad financiera: mide la capacidad de la empresa para remunerar a los accionistas, a los propietarios de los fondos propios. Para ellos representa el coste de oportunidad de los fondos que mantienen la empresa y posibilita la comparación con los rendimientos que obtendrían colocando su dinero en otras inversiones; esto se logra a través de la relación:

$$\text{Rentabilidad financiera} = \frac{\text{Utilidad después de impuestos e intereses}}{\text{Patrimonio}}$$

La rentabilidad financiera muestra la utilidad o ganancia obtenida por cada unidad monetaria de recursos propios invertidos, es decir, cuánto dinero ha generado el capital de una empresa; entre mayor sea su resultado, mejor es la oportunidad de inversión.

- Rendimiento sobre la inversión: también conocido como índice de rentabilidad económica muestra la capacidad básica de la empresa para generar utilidades, o lo que es lo mismo, la utilidad que se obtiene por cada unidad monetaria de activo total invertido, la cual se obtiene de la siguiente razón:

$$\text{Rentabilidad sobre la Inversión} = \frac{\text{Utilidad antes de impuestos e intereses}}{\text{Activo total}}$$

Proporciona el nivel de eficacia de la operación, como tal, el nivel de rendimiento de las inversiones realizadas; muestra en cuánto aumentó el enriquecimiento de la empresa como producto del beneficio obtenido.

- Índice de endeudamiento: es la capacidad para responder por obligaciones a largo plazo. Es el índice que cubre el total de los pasivos y el patrimonio neto, cuya relación se determina de la siguiente manera:

$$\text{IE} = \frac{\text{Pasivos totales}}{\text{Patrimonio}}$$

Una comparación entre el índice de endeudamiento de una compañía con otras similares, dará una idea general sobre la solidez y la credibilidad crediticia del negocio y sobre sus riesgos financieros.

- Rotación de activo: permite detectar qué activos fijos no contribuyen a dar rentabilidad y por tanto son improductivos; busca las capacidades excesivas que no se utilizan; analiza el grado de obsolescencia de los activos.

$$\text{Rotación de activo} = \frac{\text{Ventas}}{\text{Activo fijo}}$$

- Rotación de existencias o inventario: una rotación elevada en principio es positiva porque los inventarios tardan menos en hacerse efectivos o líquidos y el pasivo circulante necesario para financiarlos será menor; sin embargo, entraña cierto peligro por rupturas en la producción por falta de suministro. Una rotación lenta perjudica la rentabilidad. En todo caso, si se

perciben diferencias importantes respecto del sector, habría que analizar la política de almacenamiento de la empresa; dicho índice se obtiene de la relación siguiente;

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Ventas a precio de coste}}{\text{Inventarios}}$$

En lugar de tomar las ventas netas, para el cálculo de esta rotación, se consideran las ventas a precio de coste para no sobrevalorar dicha rotación; debido al margen de ventas que gane la empresa.

- Período de cobro: indica el número de días que transcurren desde que se efectúa una venta a crédito hasta que se cobra, es decir, el tiempo que se necesita para convertir los clientes en efectivo; dicho indicador se obtiene de la relación:

$$\text{Periodo de cobro} = \frac{\text{Clientes}}{(\text{Ventas} / 360)}$$

Existe una amplia variedad de indicadores, siendo estos los más importantes, dichos ratios deberán ser analizados en conjunto, ya que solo de esta manera podremos definir el comportamiento y rendimiento del negocio.

5.1.2. Insumos

Después de implementación del sistema de lavado y recuperación de agua se han proyectado los siguientes incrementos de materias primas.

Tabla LV. **Proyección de consumo de materias primas**

Insumo	Cantidad mensual	Unidad de medida
Energía eléctrica	150,00	Kw/Hrs
Agua	30,00	Gal/min
Diesel	3 000,00	Gal/mes
Transporte externo	60 000,00	Q/mes
Mano de obra	30 000,00	Q/mes
Contratistas	200,00	HH.
Herramienta	35 000,00	Q
Materiales y repuestos	50 000,00	Q/mes

Fuente: elaboración propia.

5.2. **Ventajas, costo/beneficio**

A continuación se describen las ventajas, costos y beneficios del proyecto.

5.2.1. **Operacionales**

Las ventajas operacionales que presenta la implementación del proyecto pueden presentarse en la siguiente tabla beneficio versus perjuicio.

Tabla LVI. **Beneficio versus perjuicio operacional de proyecto**

Beneficio	Perjuicio
Se abren 6 oportunidades de empleo.	Incremento de costo en la planilla
Se desarrollan nuevos puestos para crecimiento interno.	
Se crean planes de desarrollo interno para tecnificación de operación de equipos.	
Dignificar las operaciones a través del cuidado del medio ambiente.	N/A
Implementación de nuevas áreas, maquinaria y equipo	Alto costo de inversión
Reducción del impacto ambiental por emisión de polvo.	Incremento del uso de agua en el proceso productivo
Mejora a la calidad de agregados a través de un sistema de lavado.	Incremento del costo operativo por insumo de agua
Recuperación de agua en sistema de lavado de agregados.	
Reconocimiento de la comunidad por ser un proceso amigable al medio ambiente.	N/A
Cumplimiento de políticas nacionales de RSE.	
Incremento en ventas, debido a mejora en calidad de los productos.	
Incremento en número de clientes, debido a responsabilidad ambiental.	
Posibilidad de expansión a nivel centroamericano debido a producción amigable con el medio ambiente.	

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Económicos

La inversión realizada para la implementación será ejecutada a través de un CAPEX (*Capital Expenditure*), la cual es una metodología utilizada por las grandes corporaciones para realizar compras de activos con una vida útil mayor al año imponible; dichos CAPEX son costes que no pueden ser deducidos en el año actual que son efectuados y deben ser capitalizados. Los desembolsos relacionados con los CAPEX son amortizados o depreciados a lo largo de la vida útil del activo en cuestión, el valor a capitalizar no será publicado en este documento por políticas de Agregados de Guatemala S.A.

El beneficio adquirido por la implementación del proyecto en cuestión se describe en la siguiente tabla:

Tabla LVII. **Beneficios económicos de implementación de proyecto**

Descripción	Beneficio
Recuperación de materia prima.	15%
Incremento en ventas netas.	10%
Reducción de quejas de la comunidad por emisión de polvo.	75%
Incremento en productividad.	18%
Incremento en clima laboral.	14%
Reducción de accidentes.	60%

Fuente: elaboración propia.

5.3. Acciones preventivas

Serán todas las mediciones, análisis y tareas que se van a ejecutar para hacer que el sistema de gestión sea autosostenible y su funcionalidad no se vea obstaculizada por errores operativos o administrativos debido a una mala planificación.

5.3.1. Seguridad industrial

Se deberán tomar en cuenta las siguientes mediciones para poder determinar la funcionalidad de los programas implementados.

- Establecer un número determinado de reportes de casco naranja por mes para todo el personal.
- Definir la entrega de reportes de SafeStart® para todo el personal.
- Establecer un cronograma de acciones para la implementación del sistema de 5's.
- Definir metas tolerables y alcanzables respecto de la cantidad de incidentes o accidentes permisibles dentro de la planta.
- Implementar un programa de reconocimiento y consecuencias para seguridad industrial.

5.3.2. Operaciones

El departamento de operaciones deberá tomar en cuenta las siguientes acciones a tomar; para hacer más efectivo el proyecto a implementar:

- Realizar convenios y contratos de insumos que permitan que la variación o aumento de precios no afecte directamente el costo de producción.

- Establecer las fórmulas o recetas de producción adecuadas para evitar diferencias o faltantes en los productos terminados.
- Determinar el consumo real de insumos por producto, y actualizarlo periódicamente.
- Diseñar un plan de desarrollo interno, para promover la tecnificación y superación del personal.
- Realizar anualmente una evaluación de desempeño a todos los colaboradores, para poder detectar brechas operacionales.

5.3.3. Mantenimiento

El departamento de mantenimiento deberá establecer los siguientes puntos de control, para poder optimizar las operaciones cotidianas.

- Modificar los parámetros de mínimos y máximos de repuestos en inventario o MRP.
- Establecer planes de mantenimiento para el nuevo equipo.
- Identificar y solicitar los repuestos críticos de la maquinaria que se va a instalar, según especificaciones de manuales.
- Implementar un plan maestro de mantenimiento anual, para reparaciones mayores.
- Definir puntos de medida, rutas de lubricación para el personal de mantenimiento.
- Hacer un plan de renovación y adquisición de herramienta.

5.3.4. Administrativa

Los controles administrativos serán los más importantes, ya que permiten a la gerencia y junta directiva, verificar que el cumplimiento de los objetivos sea alcanzado en el tiempo establecido. Los controles administrativos que deberán implementarse serán los indicadores clave de desempeño (KPI's, por sus siglas en inglés) y medirán cada una de las acciones correctivas de cada departamento, ya mencionadas.

Para que un sistema administrativo sea eficiente se deberán seguir la siguiente metodología:

- Enfocarse en lo crucialmente importante: de todas las tareas realizadas en las operaciones cotidianas, pocas agregan valor o son capaces de realizar cambios significativos en los resultados obtenidos; se deberá determinar qué metas son las que el negocio necesita para poder optimizar y mejorar su desempeño.
- Tomar acción en las medidas de predicción: definir tareas que sean capaces de cambiar los resultados que no sean favorables y que ayuden al cumplimiento de los objetivos definidos por la alta gerencia; éstas, pueden ser tareas pequeñas, pero, significativas.
- Establecer un tablero confiable de resultados: según los objetivos trazados, se debe de realizar un tablero dinámico, que sea fácil de leer, interpretar y retroalimentar; de esta manera se obtiene una herramienta, que, en poco tiempo, se pueda determinar el estado de la empresa.

- Establecer una carencia de cuentas: reunir al staff operativo semanalmente, con la finalidad de poder integrar los pasos anteriores; dichos pasos, se pueden integrar de la siguiente manera: una vez establecidas las metas crucialmente importantes, se determinan los valores semanales que pueden variar para alcanzar el máximo logro de la empresa, en dichas reuniones, cada encargado o líder de área, define y demuestra al resto del equipo los logros alcanzados y las tareas a realizar la semana próxima, para poder darle continuidad al cumplimiento de los objetivos.

CONCLUSIONES

1. A través del diseño adecuado de maquinaria, tubería y accesorios, se logra reducir la emisión de polvo, introduciendo agua al sistema en las secciones de cribado, las cuales, no sólo reducen la emisión de polvo, sino también mejoran la calidad de los productos a través de la eliminación de arcillas debido al lavado.
2. Reduciendo la cantidad de polvo emitido, los vecinos evitan presentar quejas a la alcaldía, debido al cumplimiento del plan de responsabilidad social empresarial, lo que permite que las operaciones sean autosostenibles.
3. A través del diseño de indicadores de medición, como: KPI's e índices financieros, se puede conocer de manera inmediata el estado del negocio, ya que como herramientas de control, son indispensables en la toma de decisiones.
4. A través de un sistema de gestión de seguridad ocupacional, se pueden reducir las condiciones o riesgos potenciales que se pueden presentar a través de la implementación de la maquinaria nueva, así como también, reducir los riesgos a la salud, debido al nuevo sistema de producción.
5. A través de un plan de mantenimiento específico para cada equipo se pueden generar niveles máximos y mínimos de inventarios de repuestos, según su rotación; así como reducir el tiempo medio para reparación, por

falta de repuestos. Dichos planes logran mantener una disponibilidad superior al 89% del tiempo total de operaciones.

6. Con un plan de mantenimiento determinado, se puede prolongar la vida útil de los equipos, ya que a través del mantenimiento preventivo y predictivo se pueden hacer cambios de componentes, previo a su falla.
7. Un plan de contingencia es creado en función de los estados o índices financieros obtenidos, dicho plan puede variar según su necesidad, ya sea un cambio de políticas de créditos y cobros o bien un apalancamiento financiero.
8. Con una recuperación de más del 75% de los recursos naturales que se usan en el proceso, se permite una producción continua y el cumplimiento de las leyes ambientales que rigen dentro del país, permitiendo ser un proceso autosostenible y ser un modelo para el resto de las empresas del mismo entorno empresarial.

RECOMENDACIONES

1. Diseñar equipos que sean fáciles de reaplicar, cuyo montaje y desmontaje sea práctico, que estas estén estandarizadas y libres de fuentes contaminantes.
2. Programar visitas de los vecinos en la planta, para que vean el proceso de producción y la inversión que se realiza para ser amigables con el medio ambiente.
3. Diseñar indicadores de fácil interpretación, para tomar acción sobre las medidas de corrección, a su vez, que tengan facilidad para poder vaciar la información en los formatos respectivos.
4. Generar un plan de publicación y retroalimentación constante de los programas de seguridad industrial, así como un plan de auditorías para verificar el cumplimiento.
5. Realizar una tabla de mantenimiento anual para toda la planta; para prever la rotación de inventarios, y así realizar las operaciones más eficientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGREGADOS DE GUATEMALA, *Manual de operaciones*. Guatemala: Agregados de Guatemala. 2008. No. 1. 103 p.
2. ARAGONÉS BOUSO, Juan Luis. *Lavado de estériles gruesos*. España: Akal, 2009. 889 p.
3. BITTELF, Ramsey. *Encyclopedia del Management*. Tomo 2. España: Océano, 2003. 1259 p.
4. Guatemala. Ley de protección y mejora del medio ambiente. Guatemala 2001.
5. ROSALES, Robert. *Manual del ingeniero de planta*. 3ª ed. EE.UU: McGraw-Hill, 2009. 1035 p.
6. TRAWINSKI, Helmut. *Aplicaciones y funcionamiento práctico de los hidrociclones*. 4ª ed. España: Amberger, 2010. 520 p.
7. WASP, Edward J. *Slurry pipeline transportation*. 8ª ed. EE.UU. McGraw-Hill, 2007. 1487 p.