



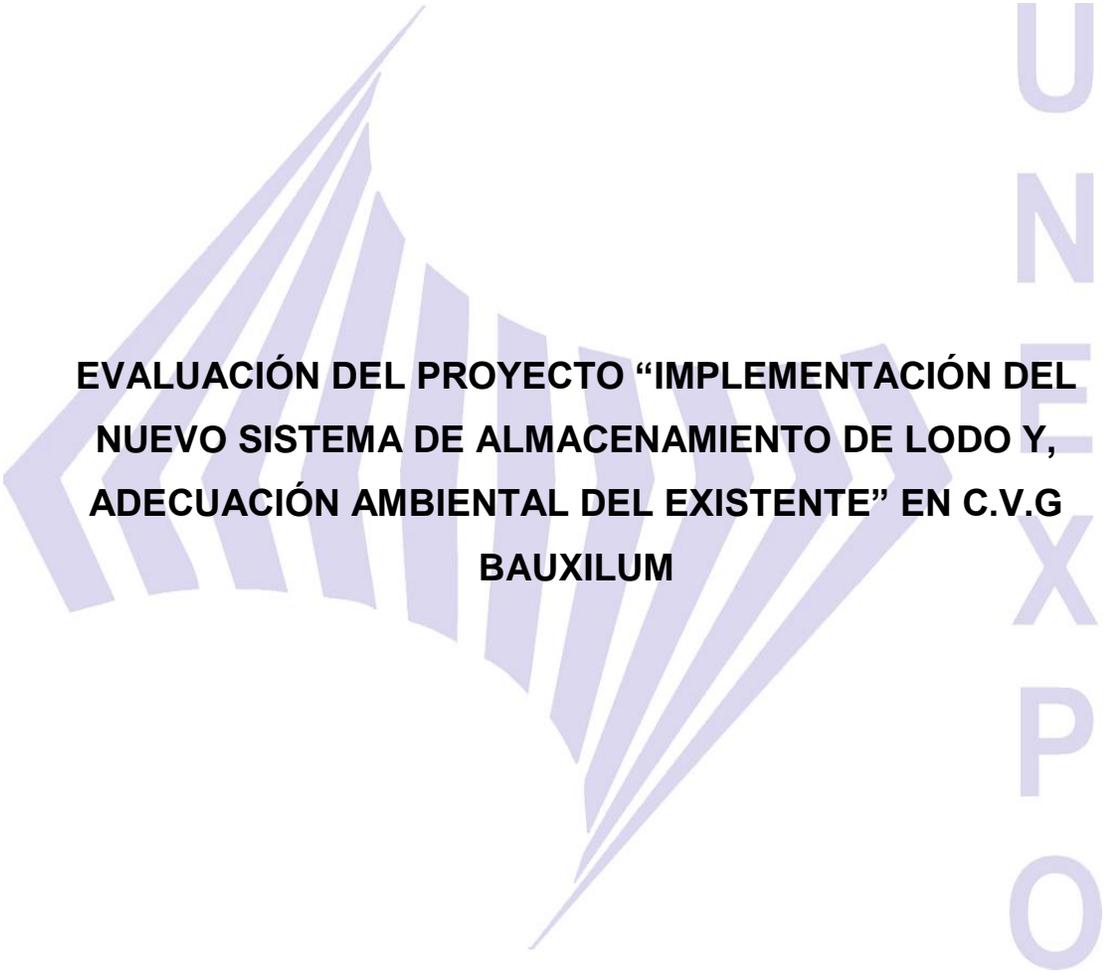
U
N
E
X
P
O

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"
VICERRECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL PROYECTO "IMPLEMENTACIÓN DEL
NUEVO SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE LODO Y,
ADECUACIÓN AMBIENTAL DEL EXISTENTE" EN C.V.G
BAUXILUM**

**AUTORA:
Norianna Ramos
C.I. 19.420.239**

Ciudad Guayana, Junio de 2012



**EVALUACIÓN DEL PROYECTO “IMPLEMENTACIÓN DEL
NUEVO SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE LODO Y,
ADECUACIÓN AMBIENTAL DEL EXISTENTE” EN C.V.G
BAUXILUM**

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICERRECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL PROYECTO “IMPLEMENTACIÓN DEL
NUEVO SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE LODO Y,
ADECUACIÓN AMBIENTAL DEL EXISTENTE” EN C.V.G
BAUXILUM**

Trabajo de Grado presentado ante el Departamento de Ingeniería Industrial de la UNEXPO Vicerrectorado Puerto Ordaz como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial; **Autor: Norianna Sofía, Ramos Bottini**

Ing. Mirella Andara
Tutor Académico

Ing. Gianniurk Díaz
Tutor Industrial

Ciudad Guayana, Junio de 2012

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICERRECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, miembros del Jurado Evaluador designados por la Comisión de Trabajos de Grado del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Vicerrectorado Puerto Ordaz, para evaluar el Trabajo de Grado presentado por la ciudadana: **NORIANNA SOFÍA, RAMOS BOTTINI** portadora de la Cédula de Identidad N° **V-19.420.239**, titulado: **EVALUACIÓN DEL PROYECTO “IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE LODO Y, ADECUACIÓN AMBIENTAL DEL EXISTENTE” EN C.V.G BAUXILUM**, para optar al título de **INGENIERO INDUSTRIAL**, consideramos que este cumple con los requisitos exigidos para tal efecto y por lo tanto lo declaramos **APROBADO**.

En Ciudad Guayana, Junio de dos mil doce

Ing. Mirella Andara
Tutor Académico

Ing. Gianniurk Díaz
Tutor Industrial

Ing. Hernan Flores
Jurado Evaluador

MSc. Ing. Iván Turmero
Jurado Evaluador

AGRADECIMIENTOS

Primero le agradezco a DIOS por permitirme obtener un logro más en mi vida, dándome fortaleza y su incondicional compañía.

A mi madre Noris Bottini, por brindarme todo su apoyo y estar siempre conmigo.

A mis hermanos Andrés Ramos y Andreina Ramos, por todo el apoyo brindado.

A mi novio Giovanni Tomazzoli, por su constante paciencia e incondicional ayuda.

A CVG Bauxilum por abrirme las puertas para dar los primeros pasos en el ámbito laboral.

A la Gerencia Ingeniería Industrial y la Gerencia Manejo de Lodo, especialmente al Ing. Mario Pietroniro por el apoyo brindado.

A mis tutores Mirella Andara, Gianniurk Diaz e Ildemaro Yépez por sus consejos y orientación, que permitieron culminar con éxito el Proyecto.

A la Elite: Patricia Barrierras, Betina Blanco, Adriana Hernández, Francirith Salazar y, Gismar Alcalá, por ser mis amigas incondicionales durante estos cinco años.

¡A TODOS, GRACIAS!

DEDICATORIA

A mi madre Noris Bottini, por ser el pilar fundamental de mi vida.

A mis hermanos Andres Ramos y Andreina Ramos.



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICERRECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO**

**Autor: Ramos, Norianna
Tutor Académico: Andara, Mirella
Tutor Industrial: Díaz, Gianniurk
Ciudad Guayana, Junio 2012**

**EVALUACIÓN DEL PROYECTO “IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE LODO Y, ADECUACIÓN
AMBIENTAL DEL EXISTENTE” EN C.V.G BAUXILUM**

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Empresa C.V.G Bauxilum, bajo la supervisión de la Gerencia Ingeniería Industrial, con la finalidad de evaluar el proyecto para el nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo y adecuación ambiental mediante una investigación de tipo no experimental, descriptiva, documental y de campo. A través esta metodología se evaluó una situación actual en la cual se evidenció donde se almacena el lodo rojo procedente del proceso Bayer y de qué manera impacta al ambiente. Por lo tanto, se realizaron estudios de factibilidad técnico económico los cuales dieron como resultado una nueva metodología para almacenar el lodo rojo de manera más eficiente y segura, la ubicación geográfica, el equipo y personal necesario para la construcción y operación del nuevo sistema de almacenamiento. Se calcularon las pérdidas de producción en caso de no cambiar el actual sistema de almacenamiento. Se analizaron los posibles impactos al ambiente y además de se realizó un plan de adecuación ambiental para el nuevo sistema, todo esto permitirá aumentar significativamente el volumen de producción de la empresa.

PALABRAS CLAVE: Evaluación, Almacenamiento, Lodo, Ambiente, Producción.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento de problema	3
1.2 Objetivo General	5
1.3 Objetivos específicos	5
1.4 Justificación	6
1.5 Alcance	6
CAPÍTULO II	8
GENERALIDADES DE LA EMPRESA	8
2.1 Antecedentes de la empresa	8
2.2 Ubicación geográfica de la empresa	9
2.3 Misión	10
2.4 Visión	10
2.5 Objetivos de la empresa	10
2.5.1 Objetivo General	10
2.5.2 Objetivos Específicos	10
Estructura Organizativa de C.V.G Bauxilum.	12
2.6 Política de calidad, ambiente, salud y seguridad de la empresa	13
2.7 Objetivos de calidad, ambiente, salud y seguridad de la empresa	13
2.8 Función de la empresa	13
Descripción del proceso de fabricación (proceso BAYER)	14
2.9 Gerencia asignada para la realización de pasantía	14
2.9.1 Objetivo	15
2.9.2 Funciones	15
Estructura Organizativa de Gerencia Ingeniería Industrial.	16
2.10 Gerencia Manejo de Lodo	16
2.10.1 Objetivo	17
2.10.2 Funciones	17
CAPÍTULO III	20
MARCO TEÓRICO	20
3.1 Función del Área 75	20

3.2 Lodo rojo	20
3.3 Lagunas	21
3.4 Propósito de las lagunas	21
3.8 Material peligroso	22
3.9 Desecho peligroso	22
3.10 Material peligroso recuperable	23
3.11 Estudio de mercado	23
3.12 Estudio técnico	23
Aspectos que deben considerarse en la justificación técnica de una inversión	24
Beneficios esperados	24
Aspectos inherentes al proyecto	24
3.13 CAS	25
3.14 Cronograma de la proyección	26
3.15 Localización del proyecto	26
3.16 Infraestructura de servicios	26
3.17 Tecnología utilizada	26
3.18 Proceso de producción	27
3.19 Desechos y pérdidas del proceso	27
3.20 Control de calidad	27
3.21 Volumen de ocupación	28
3.22 Capacidad instalada y utilizada	28
3.23 Estudio económico-financiero	28
3.24 Evaluación económica con precios presentes	28
3.25 Análisis de sensibilidad	29
3.26 Marco legal	31
Obligación de Cumplir con la Normativa Ambiental Vigente en el País	31
Regulaciones sobre control de la calidad de los vertidos	33
Regulaciones sobre control de la Generación de Ruido	36
3.27 Marco legal que se debe cumplir en la Fase de Construcción del Proyecto	38
Regulaciones sobre Movimiento de Tierra	38
Regulaciones sobre control de la calidad del aire	40
Regulaciones sobre control de la calidad de los vertidos	41
Regulaciones sobre control de la Generación de Ruido	41
En Materia de Manejo de Residuos Sólidos No Peligrosos	42

3.28 Marco legal común que se debe cumplir en todas las fases del Proyecto (conceptualización, diseño, construcción y operación)	44
Manejo de Materiales Peligrosos Recuperables y Desechos Peligrosos	44
CAPÍTULO IV	54
MARCO METODOLÓGICO	54
4.1 Diseño y tipo de investigación	54
4.1.1 No experimental	54
4.1.2 Descriptiva	54
4.1.3 Documental	55
4.1.4 Campo	55
4.2 Población y Muestra	56
4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	56
4.3.1 Observación directa	57
4.3.2 Visitas al área	57
4.3.3 Documentación bibliográfica	57
4.3.4 Entrevistas	57
4.3.5 Equipos y materiales	57
4.4 Procedimiento	58
CAPÍTULO V	60
SITUACIÓN ACTUAL	60
5.1 Lagunas actuales	61
5.2 Estanques de evaporación	63
5.3 Ubicación de las Lagunas	63
5.4 Lista de equipos originales	65
5.5 Producción de alúmina promedio de los 3 últimos años	66
5.6 Control del sistema lagunar	67
Inspección del sistema lagunar, área 75B	68
Medición del sistema lagunar, área 75B	68
5.7 Distribución de la fuerza laboral	68
5.8 Análisis diagrama Causa-Efecto	70
CAPÍTULO VI	73
SITUACIÓN PROPUESTA	73
6.1 Análisis de las Alternativas Tecnológicas para el tratamiento y disposición de los lodos rojos.	73
6.1.1 Disposición en seco	73
6.1.2 Apilamiento en seco (<i>Dry Stacking</i>)	74
6.2 Selección del escenario más factible	75

6.3 Pérdida de producción	76
6.4 Estudio técnico	77
6.4.1 Análisis de las Alternativas de Localización del Proyecto	77
6.4.2 Ubicación geográfica del proyecto	77
6.4.3 Dimensionamiento de equipos y mano de obra para la construcción del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo.	80
6.4.4 Dimensionamiento de equipos y mano de obra para la operación del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo.	81
6.4.5 Consumibles	83
6.4.11 Sistema de bombeo	88
6.4.12 Equipo rompe costra	88
6.5 Estudio económico	89
6.5.1 Cálculos de Valor Presente (VPN)	92
6.5.2 Cálculos de Valor Anual (VA)	92
6.5.3 Cálculos de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	93
6.6 Impacto ambiental	93
6.7 Filosofía de operación del nuevo Sistema de Almacenamiento de Lodo Rojo en seco (<i>dry stacking</i>).	96
6.8 Plan de adecuación ambiental del nuevo sistema de almacenamiento de lodo	98
6.7.1 Fase 1, Obras preparatorias y primera elevación del depósito DLS1:	99
DLS1, etapas 1 y 2:	99
DLS1, etapa 3:	99
6.7.2 Fase 2, obras preparatorias del depósito DLS 2:	100
DLS2, etapas 1 y 2:	100
6.7.3 Fase 3, elevación de los depósitos:	101
DLS1, etapa 4:	101
DLS2, etapa 3:	101
6.7.4 Fase 4, elevaciones sucesivas de los depósitos:	102
DLS1, etapas 5 y 6:	102
DLS2, etapa 4, 5 y 6:	102
6.8 Sistema de Riego sobre los DLS.	102
6.9 Requisitos especiales.	103
6.10 Clausura de los Depósitos.	103
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA	109
Anexo N° 1: Tabla de flujo de efectivo discreto, factores de interés compuesto 12%	111

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación geográfica de la Empresa	9
Figura N° 2. Estructura organizativa de C.V.G Bauxilum	12
Figura N° 3: Flujograma Proceso Producción Alúmina	14
Figura N° 4. Organigrama estructural Gerencia Ingeniería Industrial	16
Figura N° 5: Nivel de adscripción de la Gerencia Manejo de Lodo	17
Figura N° 6: Diagrama Causa- Efecto del sistema lagunar de almacenamiento de Lodo Rojo	70
Figura N° 7: Esquema constructivo del Sistema de Disposición de lodo Rojo en Seco por Apilado en Seco (<i>Dry Stacking</i>)	75
Figura N° 8: La parcela donde se desarrollará el proyecto	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos _____	34
Tabla N° 2: Características Fisicoquímicas típicas del Lodo Rojo generado por el Proceso Bayer de CVG Bauxilum _____	65
Tabla N° 3: Distribución de la fuerza laboral de la Gerencia Manejo de Lodo _____	69
Tabla N° 4: Pronóstico de producción _____	77
Tabla N° 5: Dimensionamiento de equipos para la construcción del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo _____	80
Tabla N° 6: Dimensionamiento de mano de obra para la construcción del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo _____	81
Tabla N° 7: Dimensionamiento de equipos para la operación del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo _____	82
Tabla N° 8: Dimensionamiento de mano de obra para la operación del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo _____	82
Tabla N° 9: Consumibles _____	83
Tabla N° 10: Materiales de construcción _____	84
Tabla N° 11: Módulo de servicio y área de taller _____	86
Tabla N° 12: Equipos y herramientas de taller _____	86
Tabla N° 13: Equipos menores _____	87
Tabla N° 14: Equipos y mobiliario de oficina _____	87
Tabla N° 15: Resumen costos de operación y mantenimiento _____	90
Tabla N° 16: Resumen de materiales _____	90
Tabla N° 17: Ahorros _____	91
Tabla N° 18: Valores para la interpolación de la TIR _____	93
Tabla N° 19: Comparación del sistema de almacenamiento de lodo actual y el nuevo _____	105

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Producción promedio de alúmina en CVG Bauxilum _____	66
Gráfico N° 2: Producción promedio de Lodo Rojo en CVG Bauxilum _____	67
Gráfico N° 3: Flujo de caja proyectado _____	92
Gráfico N° 4: Plan de adecuación ambiental del nuevo sistema de almacenamiento de lodo _____	104

INTRODUCCIÓN

C.V.G Bauxilum, es una Empresa que opera bajo la tutela de la Corporación Venezolana de Guayana, su principal función es la producción de alúmina en grado metalúrgico, para abastecer los requerimientos de los principales consumidores de alúmina del país, como son Aluminio del Caroní (C.V.G ALCASA) y Venezolana de Aluminio (C.V.G VENALUM), así como también el mercado internacional.

Desde su puesta en marcha, Bauxilum ha realizado cuantiosas inversiones en proyectos de adecuación tecnológica y ambiental de sus procesos productivos e instalaciones de servicios industriales, para alcanzar estándares de calidad y competitividad similares a los productores de alúmina más eficientes del mundo, entre las que destacan la modernización de los hornos de calcinación y el mejoramiento del sistema de lagunas de almacenamiento de lodo rojo, utilizado por la empresa desde el inicio de sus operaciones.

La Gerencia Manejo de Lodo tiene por objetivo de garantizar la deposición eficiente de los efluentes de lodo y arena de la planta Alúmina, evitando cualquier daño al medio ambiente. Para cumplir este objetivo, esta debe establecer y mantener mecanismos, procedimientos y controles operacionales, acordes con las exigencias de política, objetivos y metas ambientales de la empresa, por lo cual se evalúa un nuevo sistema de deposición de lodo para cumplir dichas exigencias.

Este trabajo es de gran importancia, debido a que forma parte de la incorporación progresiva de los procedimientos internos dentro de los parámetros establecidos en las Normas y Procedimientos de la Empresa, lo que permite profundizar en la política de Mejoramiento Continuo de la empresa y al mismo tiempo mejorar la gestión de dicha Gerencia.

El proyecto que se presenta a continuación está estructurado en seis capítulos. Capítulo I: El Problema, Capítulo II: Generalidades de la empresa, Capítulo III: Marco Teórico, Capítulo IV: Marco Metodológico, Capítulo V: Situación Actual, Capítulo VI: Situación Propuesta, seguido de las conclusiones y recomendaciones respectivamente.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

En el siguiente capítulo, se muestra la descripción y planteamiento del problema, el cual tiene como fuente principal la Gerencia Manejo de Lodo y, todo lo concerniente a este, mostrando con detalle la formulación del problema con respecto al almacenamiento de lodo rojo, los objetivos (general y específico), teniendo en cuenta el alcance y justificación del estudio realizado.

1.1 Planteamiento de problema

C.V.G Bauxilum es una empresa que contribuye al desarrollo sustentable de la industria nacional del aluminio, dedicándose a la extracción y refinamiento del mineral bauxita traída de los Pijiguaos, con el fin de obtener alúmina en grado metalúrgico con alto porcentaje de pureza, satisfaciendo así la demanda de bauxita y alúmina en forma competitiva y rentable.

La planta de alúmina aplica el proceso Bayer (Proceso de digestión a baja presión y baja temperatura) a fin de asegurar una buena producción y eficiencia para la extracción de una alúmina de alto grado desde el mineral de bauxita. A partir de este proceso se generan residuos de acuerdo a la siguiente relación: para una producción de alúmina de 2 millones de toneladas por año, cerca de 1.24 millones de toneladas por año de Lodo Rojo (sólido fino rico en óxido de hierro), un poco más de 300.000 toneladas por año de Arena Roja (Sílice) y alrededor de 2 millones de metros cúbicos de

agua conteniendo soda cáustica. Estos residuos son de carácter peligroso para el ambiente debido a sus altos valores de alcalinidad ($\text{pH} > 12$).

Para almacenar esos residuos se construyó un sistema de deposición húmeda, constituidos por grandes depósitos sobre lagunas rebalseras del río Orinoco, cumpliendo con las normas ambientales que regían para principios de la década de los 80. Posteriormente entraron en vigencia normas ambientales que dejaron al sistema lagunar sin posibilidad de satisfacerlas, por lo que se realizaron inversiones para minimizar el impacto ambiental ya ocasionado. Uno de los problemas principales lo constituye el hecho de no contar con impermeabilización del lecho lagunar.

Por otro lado, la vida útil del sistema original era de 21 años, para la capacidad de producción instalada de un 1.0 MMTPA, debiéndose realizar inversiones operativas para incrementar la capacidad de almacenamiento del sistema y así permitir las operaciones continuas de la empresa. Todo esto incremento paulatinamente la amenaza sobre el medio ambiente.

Esta situación condujo a CVG Bauxilum, a realizar esfuerzos por sustituir su obsoleto sistema original de deposición de residuos, por un sistema más amigable con el ambiente como es el denominado sistema de Deposición de Lodo en Seco, sin éxito hasta la fecha.

Desde el año 1992, C.V.G Bauxilum realiza intentos para sustituir su sistema original y mejorar el balance de líquidos de su planta industrial. Desde ese entonces se vienen realizando mejoras en el sistema de deposición llegando al manejo actual de la fase sólida y líquida en forma separada.

En el año 2005, se pone en marcha un sistema para adensar y transportar la suspensión de lodo con dos tanques espesadores de alto rendimiento, tecnología Tasster® y una bomba de desplazamiento positivo (Geho Pump), pudiéndose obtener concentraciones de sólidos de hasta 850 gpl.

Actualmente se opera a un promedio de concentración de 600 gpl, descargándose esta suspensión en reservorios donde se almacenan los sólidos dejando escurrir los líquidos hacia las antiguas lagunas de relaves rojos que funcionan como grandes espejos de evaporación.

Como consecuencia de todo lo anterior, aun con las limitaciones estructurales del caso, CVG Bauxilum continua depositando sus residuos en el sistema de deposición húmedo, e invirtiendo anualmente en la ejecución de obras que permiten el aumento de capacidad de almacenamiento, hasta tanto se implemente la solución definitiva de los residuos, como es la Deposición de Lodo en Seco (DLS).

Los diques de contención de las lagunas se están acercando a lo niveles críticos (borde libre de seguridad), por lo tanto se le confiere una alta vulnerabilidad al sistema, pudiéndose comprometer la continuidad operativa de la empresa y la seguridad ambiental del entorno.

1.2 Objetivo General

Evaluar el proyecto “Implementación del Nuevo Sistema de Almacenamiento de Lodo y, Adecuación Ambiental del Existente” en C.V.G Bauxilum.

1.3 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la empresa en cuanto al almacenamiento de lodo rojo.
- Calcular y analizar las pérdidas de producción, de acuerdo a la base de datos disponible en la Gerencia Control de Calidad y Procesos de la empresa en referencia.
- Elaborar el estudio técnico fundamentado en la ingeniería conceptual y básica disponible del proyecto.

- Identificar y evaluar los potenciales impactos ambientales de la actividad sobre el medio físico natural, socioeconómico y cultural.
- Realizar el estudio económico financiero, mediante el análisis y comparación de las variables financieras, tasa interna de retorno, valor presente neto y tiempo de pago de la inversión.
- Realizar un plan de adecuación ambiental para el nuevo sistema de almacenamiento de lodo.

1.4 Justificación

C.V.G Bauxilum de acuerdo a las Políticas de calidad, ambiente, salud y seguridad, tiene el deber de cumplir con el desarrollo sustentable de las operaciones para garantizar el mínimo impacto ambiental y mejorar la seguridad industrial.

La Gerencia Manejo de Lodo, tiene como parte de sus funciones: planificar estrategias, diseñar y ejecutar obras y mantener el control sobre los efluentes del proceso de obtención de alúmina, a fin de evitar daños en el medio ambiente, garantizando la capacidad de producción de la empresa.

La situación de agotamiento del sistema existente y la obligatoriedad de disminuir el impacto ambiental, hace necesario el inicio inmediato del cambio de sistema para lograr el almacenamiento de los residuos en forma ambientalmente segura, permitiendo la sustentabilidad de las operaciones de C.V.G Bauxilum, como primer eslabón en la cadena de la industria nacional del aluminio y la promoción del desarrollo endógeno, como fuerza de transformación social y económica.

1.5 Alcance

Este estudio abarca desde el análisis del proyecto, determinar los flujos del proyecto, inversión, costos operación y mantenimiento de los equipos,

ahorros y beneficios; hasta la medición de la rentabilidad económica, del proyecto “Implementación del Nuevo Sistema de Almacenamiento de Lodo y, Adecuación Ambiental del Existente”.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 Antecedentes de la empresa

C.V.G BAUXILUM es la empresa resultante de la fusión entre Bauxiven (fundada en 1979) e Interálumina (fundada en 1977) en marzo de 1994. Está conformada por las operadoras de Bauxita y Alúmina.

La Operadora de Bauxita se encarga de la explotación de los yacimientos del mineral en la zona de Los Pijiguaos, correspondiente al municipio Cedeño del Estado Bolívar, tiene una capacidad instalada de 6 millones de TM al año. Inició sus operaciones oficialmente en 1983, enviando las primeras gabarras con mineral de bauxita, a través del río Orinoco, desde el puerto El Jobal hasta el muelle de la Operadora de Alúmina en Matanzas. La Operadora de Alúmina cuyo objetivo es transformar la bauxita procedente de Los Pijiguaos, por medio del Proceso Bayer, en alúmina en grado metalúrgico, y su capacidad instalada es de 2 millones de TM al año. Inició oficialmente sus operaciones el 24 de abril de 1983. Su capacidad instalada inicial fue de 1.000.000 TM al año y en 1992, mediante la implementación del plan de ampliación, fue aumentada su capacidad a 2 millones de TM al año.

La bauxita y la alúmina constituyen la principal materia prima para la obtención de aluminio primario. Tanto las ventas de bauxita como de alúmina se dirigen fundamentalmente al mercado nacional, básicamente para alimentar a las empresas Alcasa y Venalum, productoras de Aluminio, destinándose un porcentaje de la producción al mercado internacional

2.2 Ubicación geográfica de la empresa

C.V.G. Bauxilum – Matanzas, se encuentra ubicada al Sur Oriente del país, en ciudad Guayana – Estado Bolívar, en la Zona Industrial Matanzas, parcela 523-01-02, Avenida Fuerzas Armadas, frente a la empresa C.V.G. Venalum; sobre el margen derecho del Río Orinoco, aproximadamente a 350 kilómetros de su desembocadura y a 17 kilómetros de su confluencia con el Río Caroní (Ver figura N° 1).



Figura N° 1: Ubicación geográfica de la Empresa
Fuente: Gerencia de Asuntos Públicos de CVG Bauxilum.

2.3 Misión

“Impulsar el crecimiento sustentable de la industria nacional, satisfaciendo la demanda de bauxita y alúmina en forma competitiva y rentable, promoviendo el desarrollo endógeno, como fuerza de transformación social y económica.”

2.4 Visión

“Constituirnos en una empresa socialista, contribuyendo al desarrollo sustentable de la industria nacional del aluminio, a los fines de alcanzar la soberanía productiva, con un tejido industrial consolidado y desconcentrado, con nuevas redes de asociación fundamentadas en la participación y la inclusión social rumbo al Socialismo Bolivariano”. La estructura organizativa de la empresa se muestra en la figura N° 2.

2.5 Objetivos de la empresa

2.5.1 Objetivo General

El objetivo básico de C.V.G. Bauxilum es garantizar la producción y abastecimiento de Bauxita y Alúmina de grado metalúrgico, en términos de calidad, oportunidad y costos, para satisfacer los requerimientos de los principales consumidores de alúmina del país como lo son C.V.G. Alcasa y C.V.G. Venalum, así como también del mercado internacional.

2.5.2 Objetivos Específicos

Dentro de los objetivos específicos de la empresa por área se encuentran los siguientes:

- ✓ Producción: Optimizar la producción y la eficiencia del proceso productivo en concordancia con la capacidad instalada y de acuerdo a las exigencias

de los mercados internacionales con relación a la calidad, costos y oportunidades.

- ✓ Mercadeo y ventas: Maximizar los ingresos de la empresa mediante la venta de productos de la industria del aluminio, cumpliendo oportunamente a los clientes con la calidad requerida y a precios competitivos.
- ✓ Procura: Certificar la adquisición de materias primas, equipos, insumos y servicios de calidad y oportunidad requerida a costos competitivos.
- ✓ Tecnología: Lograr el dominio tecnológico de los procesos productivos e impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías que incrementen la competitividad de la empresa en la industria mundial del aluminio.
- ✓ Finanzas: Mantener una adecuada estructura financiera que contribuya a mejorar la competitividad y el valor de la empresa.
- ✓ Organización: Disponer de una adecuada estructura organizativa de los sistemas de soporte que faciliten el cabal cumplimiento de los objetivos de la empresa.
- ✓ Recursos Humanos: Disponer de un recurso humano competente, identificado con la organización y con alta motivación que satisfaga la competitividad de la empresa.
- ✓ Imagen: Idear a C.V.G. Bauxilum como empresa rentable y competitiva vinculada con el desarrollo Nacional y Regional.

Estructura Organizativa de C.V.G Bauxilum.

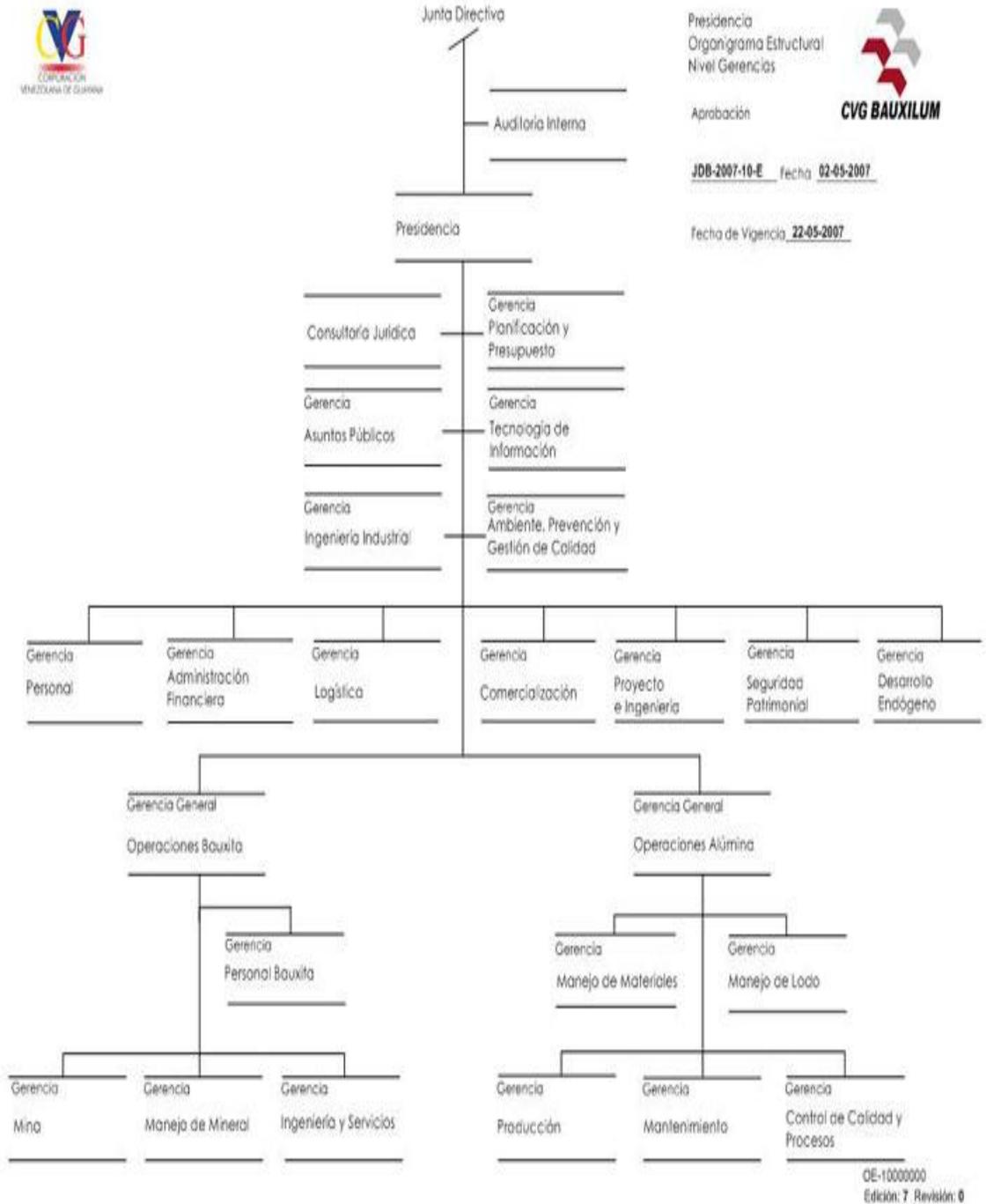


Figura N° 2. Estructura organizativa de C.V.G Bauxilum.
Fuente: Bauxilum SDI (Sistema de Documentación Interna).

2.6 Política de calidad, ambiente, salud y seguridad de la empresa

Fomentar el desarrollo, la participación del Recurso Humano y el mejoramiento continuo, en los procesos de explotación de Bauxita y producción de Alúmina, cumpliendo con las normas de Calidad, Ambiente, salud y Seguridad laboral para satisfacer los requerimientos y expectativas de nuestros clientes, con altos niveles de rentabilidad, competitividad y responsabilidad social.

2.7 Objetivos de calidad, ambiente, salud y seguridad de la empresa

- ✓ Satisfacer los requerimientos de bauxita y alúmina de la industria nacional.
- ✓ Promover el desarrollo endógeno impulsando las potencialidades de la empresa, la economía popular y el cooperativismo.
- ✓ Impulsar el desarrollo sustentable de las operaciones para garantizar el mínimo impacto ambiental y mejorar la seguridad industrial.
- ✓ Mejorar la eficacia de los procesos operativos y administrativos.
- ✓ Incrementar los niveles de producción.
- ✓ Mejorar situación financiera y mantener control del costo operativo.
- ✓ Desarrollar capacidades técnico - productivas y socio-políticas del trabajador.
- ✓ Optimizar estructura organizativa y el uso de la tecnología de información.

2.8 Función de la empresa

C.V.G. Bauxilum, a través de sus dos (2) operadoras tiene como tarea la extracción del mineral Bauxita en Los Pijiguaos, y su traslado a Ciudad Guayana, para ser refinada. Obteniendo alúmina metalúrgica que posteriormente es transformada en aluminio primario.

Descripción del proceso de fabricación (proceso BAYER)

El proceso BAYER consiste en la digestión de la bauxita previamente molida, a alta presión y temperatura, con abundante hidróxido de sodio. Luego se realiza la separación física de los otros componentes de la bauxita y se hace cristalizar el hidróxido de aluminio, que luego preseca y calcina para obtener el producto final que es la alúmina, componente principal para la obtención del aluminio primario (ver figura N° 3).

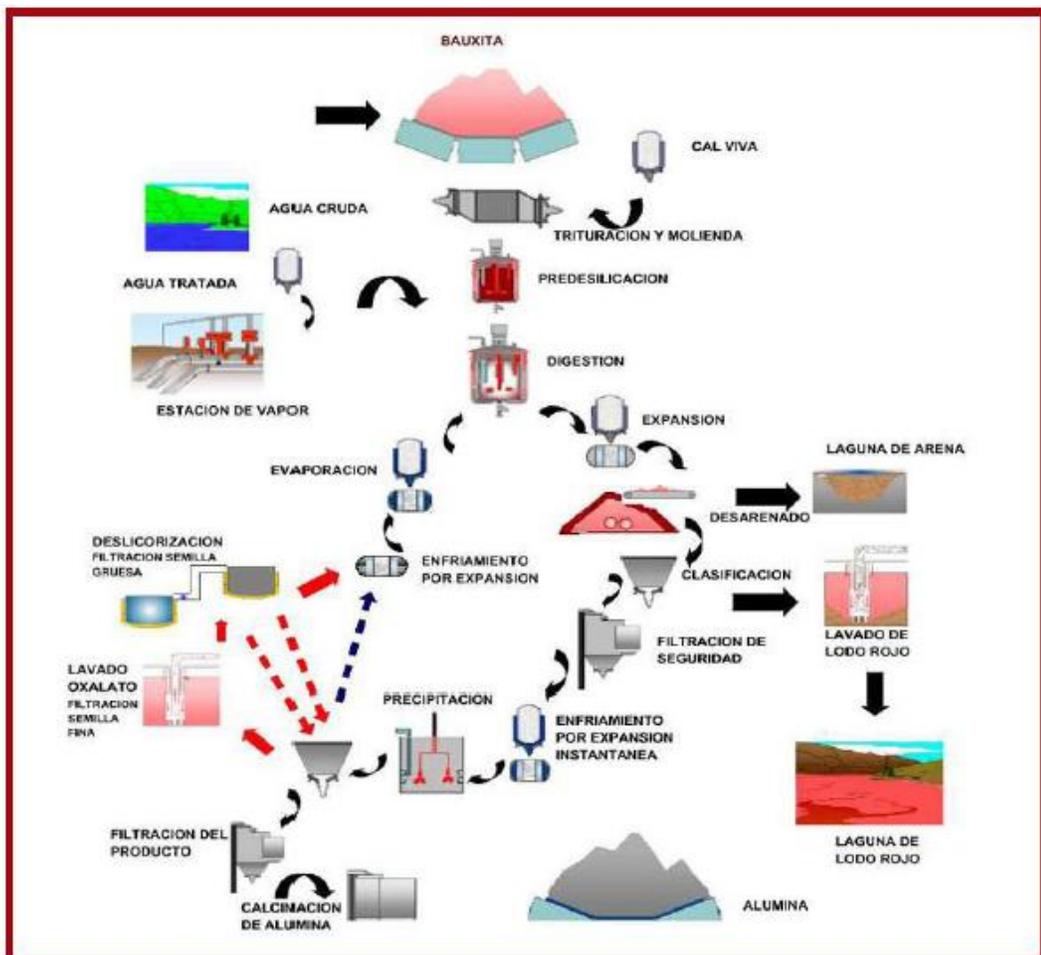


Figura N° 3: Flujograma Proceso Producción Alúmina.
Fuente: Sistema de Documentación interna (SDI).

2.9 Gerencia asignada para la realización de pasantía

La Gerencia asignada para la realización de la investigación del trabajo de

grado fue la Gerencia Ingeniería Industrial.

2.9.1 Objetivo

Suministrar servicios de asesoría y asistencia técnica y económica en materia de Ingeniería Económica y de Métodos, que contribuyan a garantizar la calidad de gestión y la optimización y control del uso de los recursos de la empresa, así como la mejora continua de sus procesos. La estructura organizativa de la Gerencia Ingeniería Industrial se muestra en la figura N° 4.

2.9.2 Funciones

- ✓ Garantizar la definición y evaluación de proyectos de optimización de costos de la empresa, bajo estándares, procedimientos y el uso efectivo y eficiente de los recursos disponibles.
- ✓ Proponer el desarrollo de proyectos de mejoras y de optimización de costos, que permitan la evaluación de áreas de oportunidad de la empresa.
- ✓ Generar alternativas de inversión rentable, cónsonas con la naturaleza y misión de la empresa y adecuadas a su capacidad técnica y administrativa.
- ✓ Prestar asistencia técnica para realizar estudios y análisis de factibilidad, que permitan determinar la realidad técnica y económica de proyectos de gastos e inversión y mejoras a la planta de Alúmina.
- ✓ Elaborar y mantener actualizada la base de datos sobre tarifas de compras de servicios, alquiler de equipos y otros, que permitan realizar la evaluación económica para las contrataciones externas.
- ✓ Desarrollar estudios económicos para el avalúo de activos fijos, equipos y

materiales desincorporados, a fin de establecer precios referenciales de ventas a terceros.

- ✓ Determinar la fuerza laboral óptima en las diferentes áreas de producción y servicios, a fin de estandarizar, racionalizar y optimizar el uso de la misma.
- ✓ Garantizar la implantación y cumplimiento de las metodologías de planificación y control, Normas ISO y Normas y Procedimientos que se establezcan en la empresa, inherentes a su área de gestión.

Estructura Organizativa de Gerencia Ingeniería Industrial.

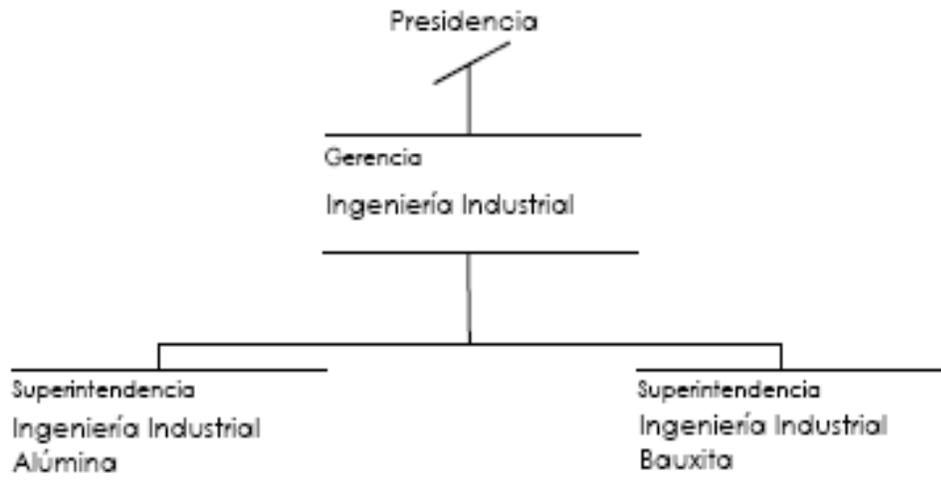


Figura N° 4. Organigrama estructural Gerencia Ingeniería Industrial.

Fuente: Bauxilum SDI (Sistema de Documentación Interna).

2.10 Gerencia Manejo de Lodo

La Gerencia Manejo de Lodo es una unidad de línea de servicio a las áreas operativas de la planta, adscrita a la Gerencia General de Operaciones Alúmina (ver figura N° 5).

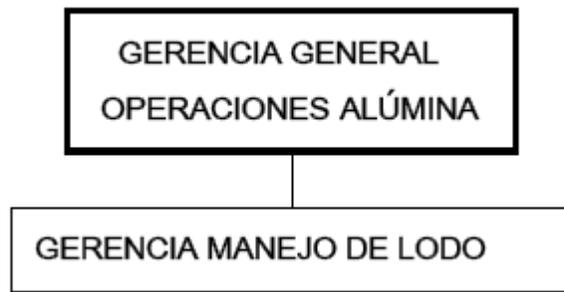


Figura N° 5: Nivel de adscripción de la Gerencia Manejo de Lodo.

Fuente: Bauxilum SDI (Sistema de Documentación Interna).

2.10.1 Objetivo

Garantizar la deposición eficiente de los efluentes de lodo y arena de la Planta Alúmina, evitando cualquier daño al medio ambiente.

2.10.2 Funciones

- Planificar y mantener control sobre los efluentes de la planta de alúmina, provenientes de las áreas 34 (Desarenado), 75 (Manejo de Deposición de Lodo Rojo) y otros desechos industriales, garantizando los niveles necesarios en las lagunas de lodo, a fin de evitar daños en el medio ambiente sin alterar la capacidad de Producción de la Empresa.
- Mantener la operatividad y control de los afluentes del proceso productivo, mediante la inspección de los niveles de las lagunas, revisión de diques y operación de equipos.
- Administrar la Estación Meteorológica ubicada en las áreas adyacente a las Lagunas de Deposición, a fin de observar y analizar las variables relacionadas con el clima, precipitación y lluvia que afectan los niveles de la Laguna.

- Realizar estudios de proyecciones para las revisiones y comparaciones de desviaciones de las variables meteorológicas, a fin de establecer y ejecutar las acciones correctivas correspondientes.
- Presupuestar y controlar los proyectos de sostenimiento de las Lagunas de Deposición de Lodo, a fin de evitar daño y perjuicio al medio ambiente.
- Desarrollar la Ingeniería conceptual, básica y detalle de los proyectos de sostenimiento asignados al área de Manejo de Lodo, manteniendo control sobre la administración e inspección de la ejecución de las obras del Proyecto.
- Realizar proyectos de investigación que permitan incrementar la vida útil de las Lagunas y determinación de procesos alternativos futuros para mejorar la deposición de los afluentes del proceso productivo de C.V.G Bauxilum.
- Coordinar con las diferentes unidades de la Gerencia General de Operaciones, acciones sobre las operaciones y control de las variables de los efluentes de la planta.
- Coordinar con la Gerencia de Proyecto e Ingeniería, la ejecución de proyectos para mejorar las operaciones y control de las variables de los afluentes de la planta.
- Suministrar información a la Gerencia Proyecto e Ingeniería, sobre la ejecución y avances de los proyectos de sostenimiento, asignados al área de Manejo de Lodo y contemplados en el proyecto de Modernización de Planta de C.V.G Bauxilum.
- Establecer y mantener mecanismos, procedimientos y controles operacionales, acordes con las exigencias de política, objetivos y metas ambientales de la Empresa.
- Mantener registros de información sobre el estado y progreso de las áreas de deposición de la planta.

- Formular el presupuesto de costos y gastos, y de inversiones, a fin de asegurar la disponibilidad de recursos para el sostenimiento de las áreas de deposición de lodo.
- Asegurar el cumplimiento de las ordenanzas municipales, leyes y decretos de materia ambiental.
- Presentar informes de los resultados de la gestión desarrollada, manteniendo seguimiento y control sobre las desviaciones detectadas.
- Establecer los planes funcionales y mecanismos de evaluación y control de su gestión, en coherencia con las metas y objetivos estratégicos de la Empresa.
- Cumplir con las metodologías de planificación y control, Norma ISO y Normas y Procedimientos que se establezcan para la empresa, inherente a su área de gestión.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

El siguiente capítulo presenta todos los conceptos y términos claves que amerita la investigación, con la finalidad de esclarecer y tener una mejor comprensión referente a toda la información plasmada en el estudio.

3.1 Función del Área 75

El área 75 consiste de dos sub-áreas, desecho de lodo rojo y lagunas de deposición del lodo rojo; a veces designado como Áreas 75A Y 75B, respectivamente.

3.2 Lodo rojo

El lodo rojo es el residuo de sólido que queda después que la suspensión de digestión ha sido desarenada. Dicho sólido es removido del licor en la sección de separación del lodo rojo (Área 35).

El propósito del Área 75A es recibir la suspensión de Lodo Rojo ya lavada del Área 35 y diluirla con agua de la laguna para así facilitar su bombeo a las lagunas de Lodo Rojo. El agua de lavado de desecho puede ser enviada a los tanques de desecho desde el pato de los tanques de ácido.

El agua proveniente de la laguna distribuida a los tanques de desecho del Lodo Rojo, Área 34 y 35.

3.3 Lagunas

Diques divisorios han sido construidos usando arcillas de baja permeabilidad, el lado del río está protegido por un pedraplén de rocas hasta 900 mm de tamaño, en el lado del lodo por una mezcla bien compacta de rocas hasta 600 mm.

Los diques están construidos con una elevación de 2 m por encima del máximo nivel del río. Los fondos de las lagunas serán compactados donde sea necesario con arados de disco y con aplanadoras.

Antes de usarse para los depósitos de desecho del lodo (aproximadamente tres meses del arranque de la planta), las lagunas deben ser vaciadas hasta un nivel práctico de agua acumulada.

3.4 Propósito de las lagunas

- Recibir el Lodo Rojo, arena y varios líquidos de desecho de la planta.
- Recobrar por decantación tanto como sea posible licor cáustico y regresarlo a la planta.
- Proveer suficiente licor de dilución a las corrientes de las áreas 34 y 75B que van a las lagunas.
- Proteger el circumanbrete de afluentes de la planta (el río, etc.).
- Hacer uso de la evaporación natural para secar los efluentes y luego restaurar y cultivar las lagunas.

3.5 Tanques de desecho de Lodo Rojo

Los tanques de desecho (uno por etapa) son de tipo cónico elevado con agitador y tienen una capacidad de 100 m³ cada uno. Ellos reciben la suspensión de lodo rojo lavado de los últimos lavadores. Se mantiene un flujo continuo o de agua de retorno de la laguna o agua cruda a los tanques

para mantener un nivel constante y así asegurar un flujo uniforme a través de las bombas y las tuberías de desecho.

3.6 Bombas de desecho de Lodo Rojo

Son centrifugas y trabajan a velocidad constante.

3.7 Bombas de retorno del agua de la laguna

Estas son bombas verticales de tipo de turbina con etapas múltiples; colocadas al descubierto y trabajan a velocidad constante. La descarga es controlada por medio de válvulas de control, las cuales se abren o se cierran de acuerdo al flujo requerido. Las bombas están protegidas por una válvula de seguridad colocada en el manifold de descarga a la laguna.

3.8 Material peligroso

Son sustancias o mezcla de ellas que por sus características físicas, químicas o biológicas sea capaz de producir daños a la salud, la propiedad o al medio ambiente. Incluye los materiales recuperables.

3.9 Desecho peligroso

Es un material simple o compuesto, en estado sólido, líquido o gaseoso que presenta propiedades peligrosas o que está constituido por sustancias peligrosas que conserva o no sus propiedades físicas, químicas o biológicas y para el cual no se encuentra ningún uso por lo que debe implementarse un método de deposición final. El término incluye los recipientes que los contienen o los hubieren contenido.

3.10 Material peligroso recuperable

Es un material que recubre características peligrosas que después de servir a un propósito específico todavía conserva propiedades físicas químicas útiles y, por lo tanto, puede ser rehusado, reciclado, regenerado o aprovechado con el mismo propósito u otro diferente.

3.11 Estudio de mercado

Estudiar el mercado implica realizar una serie de labores con el objeto de tomar decisiones sobre la mejor manera de comercializar un producto o servicio. Para hacer esto se define el producto o servicio en un conjunto con las investigaciones de mercado para analizar exhaustivamente la demanda, la oferta, el precio de intercambio y los aspectos de comercialización, con el objetivo de poder estimar los posibles ingresos derivados de la actividad comercial (Palacios, 2007).

El estudio de mercado en el caso de proyectos de mejoras operativas en plantas industriales no es aplicable, debido a que el proyecto consiste en modificaciones en áreas para lograr una mejora en las operaciones y así reducir las pérdidas de producción y los costos de operación.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, el estudio de mercado en este proyecto será sustituido por un estudio de cuantificación de pérdidas de oportunidad de producción, que permitirá determinar los ahorros o ingresos que generaría su implantación (Hernández, 2008).

3.12 Estudio técnico

De acuerdo a Blanco (2008), el estudio técnico persigue determinar la capacidad instalada y utilizada de la empresa, así como de todos los costos de inversión y/o operación involucrados en el proceso de producción.

Aspectos que deben considerarse en la justificación técnica de una inversión

- Origen de la solicitud (¿Cuál es el problema?)
- Consecuencias de la problemática actual.
- Número de fallas promedio mensual o anual, frecuencia de mantenimiento, vida operativa.
- Déficit de los niveles de producción.
- Exceso en consumo de insumos.
- Accidentabilidad (frecuencia).
- Contaminación Ambiental.
- Enfermedades Profesionales.
- Costos adicionales (contratación de servicios, repuestos, etc.)

Beneficios esperados

- Impacto que se logrará en la calidad del producto o servicio.
- Mejoras en términos de seguridad (accidentabilidad, condiciones inseguras).
- Incremento o normalización de los niveles de producción de acuerdo a metas, requerimientos, planes, etc.
- Reducción de desperdicios, rechazos, consumo de insumos, etc.
- Mejoras en condiciones de trabajo (ergonomía, ruidos, polvos, vibraciones, visibilidad, salud, etc.).
- Impacto Ambiental.
- Reducción de Frecuencia de intervenciones.

Aspectos inherentes al proyecto

- Asistencia técnica requerida
- Posibles proveedores en función de la tecnología
- Disponibilidad de repuestos, servicios, materiales, etc.
- Obras civiles requeridas

- Costos adicionales por nacionalización, impuestos, fletes, etc.
- Servicios de mantenimiento especial y/o externo que se requieran.
- Disponibilidad de recursos humanos para las operaciones.
- Servicios industriales requeridos.
- Compatibilidad con sistemas actuales.
- Actualización de tecnología.

3.13 CAS

La mano de obra esta sujeta a la Ley Orgánica del Trabajo, su reglamento, además de la contratación colectiva vigente, aprobada por la Cámara de la industria de la Construcción, y los sindicatos afiliados a la Federación de Trabajadores de la Industria de la Construcción, y Leyes conexas que van a determinar en forma integral el factor o porcentaje denominado “Costos Asociados al Salario” (CAS), y que es el desembolso adicional que la empresa realiza por cada trabajador, debido a la incidencia económica y otras, de las cláusulas sociales, de higiene y seguridad ambiental, sindicales y de prestaciones sociales entre otras, por cada unidad monetaria que recibe el trabajador como salario básico. Esta expresada mediante la siguiente ecuación:

$$\%CAS = [(DEP/DET) - 1] * 100$$

Donde:

DEP: Representa los días efectivamente pagados.

DET: días efectivamente trabajados.

El factor 1 de la fórmula representa la parte de pago semanal que recibe el trabajador una vez que cumple lo pactado en la ley orgánica del trabajo, por jornada ordinaria y horas máximas diurnas nocturnas por semana.

3.14 Cronograma de la proyección

Es una representación gráfica de la proyección a efectuarse el cual deberá indicar los años que abarca el proyecto, desde la instalación y construcción hasta la puesta en marcha de operación.

3.15 Localización del proyecto

La localización del proyecto busca reducir al mínimo los costos de inversión y operacionales que serían necesarios de no estar ubicada en un lugar apropiado, entre estos costos desatacan la cercanía a los proveedores de materias primas, el acceso a mano de obra calificada, la distancia a los mercados, la existencia de vías de comunicación y de infraestructuras de servicios que permitan llevar el producto hacia el mercado.

3.16 Infraestructura de servicios

Está vinculada a la localización del proyecto, ya que el acceso a la conexión de servicios públicos y/o industriales facilita el funcionamiento de cualquier empresa por lo que deberán especificarse los servicios con que se cuentan, tales como energía eléctrica o de otro tipo, disponibilidades telefónicas y similares, vías de comunicación, acceso a aguas blancas y al sistema de cloacas, así como su cercanía a puertos, aeropuertos y sistema de ferrocarril.

3.17 Tecnología utilizada

Deberá especificarse el alcance de la tecnología utilizada, ya sea esta contratada o propia, los beneficios que aporta y las ventajas que agrega al proceso y al producto. De ser contratada deberán indicarse los términos de la contratación y su costo. También es preciso indicar todos los detalles relativos al costo de la maquinaria y equipo de la línea de producción.

3.18 Proceso de producción

El proceso de producción a implantar en el proyecto es consecuencia de los resultados de los estudios técnico y de mercado por lo que deberá coincidir con las conclusiones alcanzadas en ambos. Deberá estar acompañado de un flujograma muy detallado conteniendo todos los pasos del proceso muy bien explicados pues su cabal comprensión facilitará enormemente la identificación de todos los costos en él involucrados, bien sean del propio proceso o conexos con él.

3.19 Desechos y pérdidas del proceso

Existen dos elementos generadores de costos para la empresa: los desechos, o desperdicios nocivos, que pueden ser índole sólida, líquida, gaseosa o sónica, y afectan a todo el proceso, y las pérdidas propias del proceso, que suelen ser físicas y se identifican usualmente con la línea de producción. Los costos que se generan deberán detallarse en esta parte junto con las medidas técnicas y financieras que sean necesarias poner en práctica para enfrentarlos.

3.20 Control de calidad

Dependiendo del proceso de producción y del producto, deberá especificarse qué tipo de control de calidad se dispensa y sobre qué puntos de la línea de la producción se ejerce, así como el personal necesario y las inversiones en activos para llevarlo a cabo. Mantener la calidad del producto es un proceso costoso para la mayoría de las empresas pues para lograrlo se requieren grandes inversiones en personal calificado y en laboratorios. Por eso es muy importante establecer en el estudio cuáles son las exigencias de este rubro para poder estimar su costo de inversión y su costo operacional.

3.21 Volumen de ocupación

Se incluirá en este punto el número de turnos de trabajo diarios, el número de horas por turno, los días laborables por mes y los meses laborables por año. Además, se deberán definir los cargos del personal e indicar el número de personas por categoría y por año, así como la escala de sueldos y/o salarios del primer año de operación para cada cargo, de acuerdo a lo establecido por el mercado laboral y por el conocimiento, la preparación, las habilidades y las destrezas de las personas contratadas.

3.22 Capacidad instalada y utilizada

La capacidad instalada se refiere al volumen de bienes y/o servicios que le sean posibles generar a una unidad productiva con la infraestructura disponible. Mientras que la capacidad utilizada es aquella que varía de acuerdo a la demanda del mercado.

3.23 Estudio económico-financiero

Según Blanco (2008), el estudio económico financiero tiene por objetivo general ordenar y sistematizar la información obtenida en los estudios de mercado y técnico. Implica hacer los cálculos para determinar las necesidades de financiamiento y la rentabilidad del proyecto, partiendo de un estimado de inversión total, depreciación, amortización, el financiamiento de terceros, la nómina, las materias primas y el estado de resultado.

3.24 Evaluación económica con precios presentes

Según Luz Gúigni de Alvarado y otros (1995), hacer una evaluación económica con precios presentes significa que todos los flujos monetarios asociados con un proyecto de inversión durante su vida son estimados a los

precios que están vigentes en el momento del estudio, es decir, a los precios presentes.

Utilizar este enfoque para la estimación de los flujos monetarios conduce a utilizar una tasa de descuento, que considere solamente el efecto del interés, esto es: la tasa mínima de rendimiento. En este caso, los flujos monetarios ya han sido previamente actualizados en lo referente a la tasa de inflación.

En resumen el procedimiento que se sigue es el siguiente:

- Estimar los flujos monetarios del proyecto con los precios presentes o actuales, y
- Determinar la rentabilidad del proyecto descontando los flujos monetarios a la tasa mínima de rendimiento.

Es conveniente destacar que, el enfoque de realizar la evaluación económica de proyectos con precios presentes es el uso más generalizado, por cuanto, simplifica el trabajo de la estimación de los flujos monetarios y elimina la posibilidad de introducir errores inherentes a la naturaleza misma del proceso inflacionario.

Adicionalmente, este tipo de análisis suele realizarse utilizando el valor actual como modelo de rentabilidad de los proyectos, ya que este expresa la equivalencia de los flujos monetarios en el presente.

3.25 Análisis de sensibilidad

Según Palacios (2007), el análisis de sensibilidad es un método no probabilístico muy utilizado, que consiste en suponer escenarios de estimación (optimista, pesimista y más probable) y calcular los indicadores provenientes del modelo financiero, tomando en cuenta factores tales como:

- Tasa Interna de Retorno (TIR).

Según Palacios (2007), corresponde a aquellas tasas de descuento que hacen que el valor actual de todos los flujos del modelo sean cero (0). Se calcula de una forma iterativa, asignando sistemáticamente diversos valores a la tasa de descuento en la fórmula de valor presente, hasta lograr la tasa que lo hace igual a cero (0). El criterio de selección consiste en ejecutar el proyecto si su TIR es superior al costo promedio de capital, lo que significa que asignar fondos a este proyecto es más rentable que las alternativas de inversión disponibles al inversionista.

- Valor Presente Neto (VPN).

Consiste en calcular el valor actual de todos los movimientos de efectivo que suceden en el flujo de caja (Palacios, 2008). Para su cálculo, se debe realizar una sumatoria algebraica del valor actual de todos los flujos de caja estimados para el proyecto, incluyendo el valor de recuperación de los activos al final del período y utilizando el costo promedio ponderado de capital como la tasa de descuento. El criterio para considerar un proyecto como rentable es si su valor presente neto es positivo, lo cual se interpreta como que las ganancias del proyecto son suficientes para cubrir sus gastos de operación y el dinero invertido en activos, quedando en el proceso un superávit para sus promotores. El VPN se calcula utilizando la fórmula que se describe a continuación:

$$VPN = -P + \sum_1^n \frac{FNE}{(1+TMAR)^n} + \frac{VS}{(1+TMAR)^n}$$

Donde:

P = Inversión Inicial.

FNE = Flujo Neto de Efectivo del periodo n.

VS = Valor de Salvamento al final de periodo n.

TMAR = Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento o tasa de descuento que se aplica para llevar a valor presente los **FNE** y el **VS**.

- Tiempo de Pago.

Es un índice que mide el tiempo en años, requeridos para que los flujos monetarios netos recuperen la inversión inicial a una tasa de interés dada. Esta definición hace énfasis en determinar cuán rápido se puede recuperar la inversión de capital considerando el valor del dinero en el tiempo (Hernández, 2008).

3.26 Marco legal

El desarrollo del Proyecto Sistema de Disposición en Seco de Lodo Rojo, constituye una iniciativa desarrollada por la empresa en el marco del mejoramiento tecnológico de sus instalaciones, elaborado en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley Orgánica del Ambiente y Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos, que obliga a las empresas a desarrollar proyectos tendentes a reducir la generación de desechos peligrosos.

Obligación de Cumplir con la Normativa Ambiental Vigente en el País

La construcción del Sistema de Disposición en Seco de Lodo Rojo a desarrollarse, como toda actividad, debe ajustarse a los principios y normas que rigen la conservación del ambiente y contar con su correspondiente Estudio de Impacto Ambiental, conforme a lo establecido en los artículos 127 y 129 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela que rezan:

“Artículo 127. *Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia.*

Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.”

“Artículo 129. *Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas.*

En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que afecten los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviera expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la

tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultara alterado, en los términos que fije la ley.”

En la conceptualización, diseño y operación del Proyecto se garantizará el cumplimiento de los estándares de calidad de emisiones establecidos en el artículo 17 del Decreto Ejecutivo N° 638 de fecha 26 de abril de 1995, mediante el cual se dictan las “Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica”, que reza:

“Artículo 17.- En zonas urbanas o vecinas a centros poblados, donde se realicen construcciones, movimientos de tierra, trabajos de vialidad, actividades mineras, procesamiento, acarreo y almacenamiento de sólidos granulares o finamente divididos, susceptibles de producir, emisiones de polvos, se aplicarán las medidas correctivas para controlarlos, se mantendrá el área de trabajo u operaciones libre de escombros y restos de materiales y se acondicionarán las vías de acceso dentro del área de trabajo, a objeto de mantener en estas zonas las concentraciones de partículas totales suspendidas dentro de los límites establecidos en el artículo 3°.”

Regulaciones sobre control de la calidad de los vertidos

En la conceptualización, diseño y operación del proyecto se garantizará el cumplimiento de los estándares de calidad de vertidos establecidos en el artículo 10 del Decreto Ejecutivo N° 883 de fecha 11 de octubre de 1995, mediante el cual se dictan las “Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos”, que se señalan a continuación:

“Artículo 10.- A los efectos de este Decreto se establecen los siguientes rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses:

Parámetros físico-químicos	Límites máximos o rangos
<i>Aceites minerales e hidrocarburos</i>	20 mg/l
<i>Aceites y grasas vegetales y animales</i>	20 mg/l
<i>Alkil mercurio</i>	No detectable (*)
<i>Aldehidos</i>	2,0 mg/l
<i>Aluminio total</i>	5,0 mg/l
<i>Arsénico total</i>	0,5 mg/l
<i>Bario total</i>	5,0 mg/l
<i>Boro</i>	5,0 mg/l
<i>Cadmio total</i>	0,2 mg/l
<i>Cianuro total</i>	0,2 mg/l
<i>Cloruros</i>	1000 mg/l
<i>Cobalto total</i>	0,5 mg/l
<i>Cobre total</i>	1,0 mg/l
<i>Color real</i>	500 unidades de Pt-Co
<i>Cromo total</i>	2,0 mg/l
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5, 20)</i>	60 mg/l
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	350 mg/l
<i>Detergentes</i>	2,0 mg/l
<i>Dispersantes</i>	2,0 mg/l
<i>Espuma</i>	Ausente
<i>Estaño</i>	5,0 mg/l

Parámetros físico-químicos	Límites máximos o rangos
<i>Fenoles</i>	0,5 mg/l
<i>Fluoruros</i>	5,0 mg/l
<i>Fósforo total (expresado como fósforo)</i>	10 mg/l
<i>Hierro total</i>	10 mg/l
<i>Manganeso total</i>	2,0 mg/l
<i>Mercurio total</i>	0,01 mg/l
<i>Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)</i>	40 mg/l
<i>Nitritos + Nitratos (expresado como nitrógeno)</i>	10 mg/l
<i>pH</i>	6-9
<i>Plata total</i>	0,1 mg/l
<i>Plomo total</i>	0,5 mg/l
<i>Selenio</i>	0,05 mg/l
<i>Sólidos flotantes</i>	Ausentes
<i>Sólidos suspendidos</i>	80 mg/l
<i>Sólidos sedimentables</i>	1,0 mg/l
<i>Sulfatos</i>	1000 mg/l
<i>Sulfitos</i>	2,0 mg/l
<i>Sulfuros</i>	0,5 mg/l
<i>Zinc</i>	5,0 mg/l
<i>Órgano fosforados y Carbamatos</i>	0,25 mg/l
<i>Órgano clorados</i>	0,05 mg/l

Tabla N° 1: Rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos
Fuente: Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos

**Según los métodos aprobados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.*

Regulaciones sobre control de la Generación de Ruido

En cuanto a control de la generación de ruido durante las fases de conceptualización, diseño y operación del proyecto, se cumplirá con las disposiciones establecidas en los artículos 2, 5 y 11 del Decreto N° 2.217 de fecha 27-04-1992, mediante el cual se dictan las “Normas sobre el Control de la Contaminación Generada por el Ruido”, donde se dispone que:

*“**Artículo 2.-** El ámbito de aplicación de este Decreto, en el caso de las fuentes fijas, se contrae al ambiente no confinado ubicado fuera del local donde aquella opera y comprende cualquier instalación, proceso, equipo o artefacto capaz de producir ruido, que por su naturaleza o diseño se encuentre temporal o permanentemente en un sitio determinado.”*

***Artículo 5.-** Se consideran niveles de ruido tolerables, los que se indican a continuación:*

a) *Ruido continuos equivalente (Leq):*

Periodo Diurno:

6:30 a.m. – 9:30 p.m.

Zona IV - 70 dBA

Periodo Nocturno:

9:31 p.m. - 6:29 a.m.

Zona IV - 60 dBA

b) *Ruido que no podrá ser excedido durante más del 10% del lapso de medición (L10):*

Periodo Diurno:

Periodo Nocturno:

Zona IV - 75 dBA

Zona IV - 65 dBA

PARÁGRAFO PRIMERO: Se entiende por Nivel de Ruido Continuo Equivalente (Leq) el promedio de todos los niveles de ruido presentes en un sitio determinado, dando como resultado el equivalente a un ruido constante. Por L10 se entiende el nivel de ruido excedido durante el 10% del tiempo de medición.

PARÁGRAFO SEGUNDO: *La clasificación de las zonas se corresponde con los siguientes sectores:*

Zona IV: *Comprende sectores comerciales - industriales donde predominan estos tipos de actividades. No se consideran apropiados para la ubicación de viviendas, hospitales ni escuelas.”*

“Artículo 11.- *Los niveles permisibles de ruido para las fuentes fijas indicadas en el artículo 2º serán calculados tomando en cuenta los niveles establecidos en el artículo 5º, según los casos que se indican a continuación:*

a) *Para la operación de una fuente de ruido constante y estable:*

CASO I: *Cuando el nivel de ruido continuo equivalente en el exterior del sitio afectado, sin la fuente sonora operando, supera en 10 o más dBA al nivel aceptable correspondiente a una determinada zona, el nivel de ruido producido por dicha*

fuente deberá ser, por lo menos, 10 dBA menor que el ruido continuo equivalente detectado sin la fuente.

CASO II: *Cuando el nivel de ruido continuo equivalente en el exterior del sitio afectado, sin la fuente sonora operando, es menor, igual o supera en menos de 10 dBA al nivel de ruido aceptable correspondiente a una determinada zona, el nivel producido por dicha fuente deberá ser, por lo menos, igual al nivel aceptable en dicha zona, menos 3 dBA.*

b) Para la operación de una fuente fija de ruido con niveles variables: El nivel de ruido proveniente de la fuente sonora no deberá superar los límites indicados en el artículo 5°.”

3.27 Marco legal que se debe cumplir en la Fase de Construcción del Proyecto

Regulaciones sobre Movimiento de Tierra

Los movimientos de tierra que se realicen en la fase de construcción del Proyecto Sistema de Disposición en Seco de Lodo Rojo de Bauxilum, deben ajustarse a los lineamientos y directrices establecidos en los artículos 6, 7, 24, 27, 35, 36 y 37 de fecha 23 de abril de 1992, mediante el cual se dictan las Normas sobre Movimientos de Tierra y Conservación Ambiental, donde se dispone que:

“Artículo 6. *A los efectos de las presentes normas, se entiende por movimiento de tierra, cualquier acción tendente a la modificación de la topografía original mediante trabajos de excavación, relleno y nivelación.”*

“Artículo 7. *Todo desarrollo del proyecto que implique la modificación de la topografía original en una superficie mayor de una (1) hectárea o de un volumen mayor de quince mil (15.000) metros cúbicos y que en promedio supere un metro con cincuenta centímetros (1,50) en distancia vertical, requerirá la elaboración de un proyecto de movimiento de tierra por separado.”*

“Artículo 24. *Si a través del movimiento de tierra o durante la ejecución del mismo se conforman canales de cauces para las aguas de lluvia, deberán tomarse las provisiones en la programación de obras para evitar que el curso de estas aguas produzca erosión.”*

“Artículo 27. *Todo movimiento de tierra deberá minimizar cambios en el drenaje natural; cualquier alteración de los lechos de agua deberá estar acompañada de un diseño del curso que seguirán las aguas correspondientes de los cauces afectados.”*

“Artículo 35. *Se deberá minimizar la remoción de la vegetación, preservando en lo posible las áreas verdes donde no se modifique la topografía. La reposición de la vegetación deberá ser contemplada en el plan de reforestación y/o paisajismo.”*

“Artículo 36. *Las áreas verdes a que se refieren estas normas comprenden: áreas naturales cubiertas de vegetación, áreas de reforestación en taludes y otros sectores, arborización de vías, zonas de parques, zonas de protección establecidas en la Ley Forestal, de Suelos y de Aguas y las áreas que se indiquen como zonas de protección en los Planes de ordenación del territorio.”*

“Artículo 37. Para las áreas verdes a las que se refiere el artículo anterior se deberá elaborar un plan de reforestación para llevar adelante las siguientes actividades: arborización, ornamentación, tratamiento de la vegetación natural, siembra de grama y actividades afines.”

Regulaciones sobre control de la calidad del aire

En la fase de construcción del Proyecto se garantizará el cumplimiento de los estándares de calidad del aire establecidos en el artículo 3 del Decreto Ejecutivo N° 638 de fecha 26 de abril de 1995, mediante el cual se dictan las “Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica”, particularmente en lo referido a los límites para la emisión de partículas sólidas y polvo.

Para mantener estos límites de calidad del aire la empresa constructora deberá cumplir con las prácticas operativas establecidas en los artículos 17 y 18 del Decreto Ejecutivo 638, según se trate de actividades dentro o fuera de áreas urbanas, donde se dispone que:

“Artículo 17.- En zonas urbanas o vecinas a centros poblados, donde se realicen construcciones, movimientos de tierra, trabajos de vialidad, actividades mineras, procesamiento, acarreo y almacenamiento de sólidos granulares o finamente divididos, susceptibles de producir, emisiones de polvos, se aplicarán las medidas correctivas para controlarlos, se mantendrá el área de trabajo u operaciones libre de escombros y restos de materiales y se acondicionarán las vías de acceso dentro del área de trabajo, a objeto de mantener en estas zonas las concentraciones de partículas totales suspendidas dentro de los límites establecidos en el artículo 3°.”

“Artículo 18.- Las fuentes fijas localizadas fuera de áreas urbanas deberán considerar entre las medidas mitigantes a cumplir, la forestación o reforestación para impedir la erosión y arrastre de suelo, y formar cortinas rompe vientos que amortigüen el transporte de partículas a sectores vientos abajo de la fuente en cuestión.”

Por otra parte, las fuentes móviles de contaminación deben cumplir con los estándares establecidos en los artículos 9 y 10 del Decreto N° 2.673 de fecha 19/08/98.

Regulaciones sobre control de la calidad de los vertidos

En la fase de construcción del Proyecto, se garantizará el cumplimiento de la prohibición establecida en el artículo 16 del Decreto Ejecutivo N° 883 de fecha 11 de octubre de 1995, mediante el cual se dictan las “Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos”, donde se señala que:

“Artículo 16.- Se prohíbe la descarga, infiltración o inyección en el suelo o en el subsuelo de vertidos líquidos tratados o no, cuyo contenido de sustancias pertenecientes al Grupo I, especificadas en el artículo 9, superen los límites establecidos en el artículo 10 de este Decreto.”

Regulaciones sobre control de la Generación de Ruido

En cuanto a control de la generación de ruido durante la fase de construcción del Proyecto, se cumplirá con las disposiciones establecidas en el artículo 13 del Decreto N° 2.217 de fecha 27-04-1992, mediante el cual se dictan las “Normas sobre el Control de la Contaminación Generada por el Ruido”, donde se dispone que:

“Artículo 13.- Las actividades regulares de construcción o de reparaciones mayores de edificaciones y vías en las zonas I, II y III definidas en el artículo 5º de este Decreto, deberán realizarse en períodos diurnos de días laborables. En caso de reparaciones urgentes de servicios públicos, o construcción de obras que requieran realizar trabajos nocturnos o en días de asueto, se deberán tomar las medidas necesarias para reducir el ruido.

En ambos casos se procurará evitar las molestias a la comunidad, para lo cual deberán usarse, dentro de la gama de equipos adecuados, aquellos cuyos niveles de ruido sean los menores y los que puedan ejecutar el trabajo en menor tiempo. La autoridad competente vigilará el cumplimiento de la presente disposición.”

Las fuentes móviles de generación de ruido durante la fase de construcción cumplirán con los estándares establecidos en el artículo 7 del propio Decreto N° 2.217 de fecha 27-04-1992, donde se señala que:

“Artículo 7.- La emisión de ruido por vehículos de transporte terrestre no deberá exceder los niveles siguientes:

- a) Motocicletas: 86 dBA.*
- b) Automóviles y otros vehículos con un peso que no exceda de dos (2) ton: 88 dBA.*
- c) Autobuses, camiones y vehículos de carga de un peso total o superior a 3,5 ton: 93 dBA.”*

En Materia de Manejo de Residuos Sólidos No Peligrosos

Para el manejo de los residuos sólidos no peligrosos durante la fase de construcción del proyecto, tales como residuos del desmalezamiento y escombros, se deberá cumplir con las disposiciones establecidas en los

artículos 31, 32 y 33 de la Ley de Residuos y Desechos Sólidos y de la Ordenanza sobre Aseo Urbano, Domiciliario y Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos del Municipio Autónomo Carona, donde se señala que:

*“**Artículo 31.** La generación de los residuos y desechos sólidos implica obligaciones en el responsable de la producción. Por tanto, el generador deberá realizar el acopio inicial, seleccionando, para ello, un sitio temporal para una adecuada disposición de los desperdicios. La escogencia de la ubicación temporal se hará tomando en consideración la necesidad del traslado al depósito final para evitar, consecuentemente, los daños que pueda ocasionar una inadecuada ubicación del depósito temporal.”*

*“**Artículo 32.** Las autoridades municipales promoverán mecanismos para que los generadores participen en los programas de separación de residuos y desechos sólidos desde su origen, de acuerdo con los métodos y sistemas que dichos organismos implementen, de conformidad con los lineamientos existentes en materia sanitaria y ambiental.”*

*“**Artículo 33.** El generador deberá adoptar medidas de minimización de residuos y desechos sólidos, a través de los procesos productivos tecnológicamente viables, con sujeción a lo que determine la autoridad competente y a lo establecido en la presente Ley y su Reglamento.”*

3.28 Marco legal común que se debe cumplir en todas las fases del Proyecto (conceptualización, diseño, construcción y operación)

Manejo de Materiales Peligrosos Recuperables y Desechos Peligrosos

Para el manejo de sustancias, materiales y desechos peligrosos en todas las fases del proyecto, se identificarán las sustancias, materiales y desechos peligrosos que se utilicen y/o generen, conforme a los criterios establecidos en el artículo 4 del Decreto N° 2.635 de fecha 22 de julio de 1998, mediante el cual se dictan las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” que reza:

“Artículo 4º.- Las actividades susceptibles de degradar el ambiente, como generadores potenciales de materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos son las que figuran en el Anexo A, las que generan cualquiera de los materiales y desechos del Anexo B y las que generen materiales y desechos constituidos por alguna de las sustancias del Anexo C. Los señalados anexos forman parte integrante de este Decreto y se publicarán a continuación de su texto en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela.” Nota: Los Anexos B y C del Decreto N° 2.635 se incluyen como anexos “I” y “II” de este Estudio.

Una vez cumplido el proceso de identificación de las sustancias, materiales y desechos peligrosos generados se procederá a:

- Envasar y etiquetar correctamente los materiales y desechos peligrosos que se generen, cumpliendo con los extremos establecidos en el artículo 17 de la Ley de sobre Sustancias, materiales y Desechos Peligrosos que reza:

“Artículo 17. Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas que generen o manejen sustancias, materiales o desechos peligrosos deben envasar y etiquetar los mismos, indicando la información referida a la identificación de sus componentes, las alertas y advertencias sobre los riesgos científicamente comprobados o no a la salud y al ambiente, incluyendo las medidas de protección recomendadas durante su uso y manejo; así como los procedimientos de primeros auxilios a objeto de cumplir con la reglamentación técnica sobre la materia.”

- Almacenar los materiales y desechos peligrosos, cumpliendo con las condiciones establecidas en los artículos 16 al 19 y 40 del Decreto N° 2.635 que rezan:

“Artículo 16.- *El almacenamiento de los materiales peligrosos recuperables debe cumplir con las siguientes condiciones:*

- 1. El área destinada al almacenamiento de los materiales y el diseño y construcción de dichas instalaciones debe reunir las características y la capacidad acorde con el tipo de material a almacenar, su clase de riesgo, las condiciones peligrosas presentes, la cantidad a almacenar y el tiempo que permanecerá almacenado.*
- 2. El almacenamiento de estos materiales debe estar separado del almacenamiento de desechos y de otros materiales incompatibles, de acuerdo a las condiciones de incompatibilidad contenidas en el Anexo E, que forma parte integrante de este Decreto y se publicará a continuación de su texto en la Gaceta Oficial.*

3. *El material debe mantenerse protegido de la intemperie, para que no sea factible su arrastre por el viento, ni el lavado con la lluvia; se deberá contar con sistemas de drenaje que conduzcan a un tanque de almacenamiento de vertidos y con el sistema de tratamiento correspondiente.*
4. *Si el material presenta riesgo de la clase 3 en adelante, el área de almacenamiento estará provista de las medidas de seguridad necesarias para este tipo de riesgos y deberá contar con los equipos de protección para el personal que maneje dichos materiales.*
5. *El área de almacenamiento debe estar demarcada e identificada, con acceso restringido sólo a las personas autorizadas, indicando con los símbolos correspondientes el peligro que presentan dichos materiales, de acuerdo a la Norma COVENIN 2670 (R) Materiales Peligrosos. Guía de Respuestas de Emergencias e Incidentes o Accidentes.*
6. *El piso o la superficie donde se almacenen materiales líquidos debe ser impermeable, cubierto con un material no poroso que permita recoger o lavar cualquier vertido, sin peligro de infiltración en el suelo.”*

“Artículo 17.- *Los envases rígidos para contener materiales peligrosos recuperables deben ser resistentes a los efectos del material, provistos de tapa hermética y en condiciones que no presenten riesgos de fugas, derrames ni contaminación. Cada envase debe tener la etiqueta que indique nombre del producto, condición peligrosa con su símbolo correspondientes, estado físico, cantidad, procedencia y fecha de envasado.”*

“Artículo 18.- Los tanques para almacenar materiales peligrosos recuperables deben ser impermeables y resistentes al material almacenado, colocados en fosas con capacidad suficiente para una contingencia de derrame. El tanque estará identificado con su capacidad, contenido y símbolo de peligro.”

“Artículo 19.- Los materiales peligrosos recuperables que se presenten desagregados, deben ser almacenados en silos, sacos u otros recipientes resistentes, señalizados con el nombre del producto, peso, procedencia y símbolo de peligro. No podrán ser colocados en pilas al aire libre a menos que se trate de sólidos que no puedan ser transportados por el viento, ni desprendan gases o vapores y no ofrezcan peligro de accidentes ni contaminación al ambiente por efecto de lixiviación.”

“Artículo 40.- El almacenamiento temporal de los desechos peligrosos se sujetará al cumplimiento de las siguientes condiciones.

1. Los desechos deben estar envasados o contenidos dependiendo de su estado físico y las características que presenten. El material y diseño del envase debe garantizar su integridad respecto a las características y cantidad de desecho, tener cierre hermético y permitir su acarreo seguro empleando vehículos adecuados.
2. Los envases deben estar rotulados con la identificación del desecho, el nombre del generador, fecha en la cual fueron envasados, cantidad contenida y símbolo de peligrosidad.
3. El área de almacenamiento debe estar separada de las áreas

de producción, servicio, oficinas y de los almacenes de materias primas, excedentes y productos terminados.

- 4. El almacenamiento debe estar alejado de fuentes de calor u otras fuentes de energía, ubicado en una zona no inundable, no expuesto a contingencias como derrumbes, descargas, emisiones u otros vertidos industriales.*
- 5. Si se trata de desechos líquidos, el sitio de almacenamiento debe contar con muros de contención, sistemas de drenaje y fosas de captación para impedir el arrastre de derrames, vertidos o lixiviados fuera del área de almacenamiento, la capacidad de las fosas debe ser por lo menos la quinta parte de todo el volumen almacenado.*
- 6. El piso debe ser de material impermeable o impermeabilizado con canales de desagüe que conduzcan a la fosa de retención; si los desechos están envasados en tambores, éstos deben colocarse sobre paletas de madera.*
- 7. El acceso dentro del almacén debe permitir el paso de montacargas, desplazamiento de los trabajadores que manejan los contenedores y el movimiento de bomberos en caso de contingencia, la disposición de los envases no debe ofrecer peligro de contaminación unos con otros ni de caídas por apilamiento.*
- 8. Las instalaciones deben contar con sistemas de detección y extinción de incendio, adecuados para el tipo de desecho almacenado.*

9. *El área debe mantenerse delimitada con la señalización de peligro colocada en los lugares de acceso, en forma visible.*
10. *Las paredes y el techo deben ser del material y diseño adecuado al riesgo que presenta el desecho, especialmente si es inflamable o explosivo.*
11. *La ventilación debe ser preferiblemente natural; si es forzada será calculada con base a las características peligrosas del desecho y las condiciones ambientales y climáticas del sitio.*
12. *El área debe estar dotada de un sistema de iluminación, con protección contra cortocircuito y contra la intemperie si el desecho o los envases son susceptibles al efecto del calor y la lluvia, debe contar con sistemas de alarma contra incendios.*
13. *Si el área es abierta debe estar provista de pararrayos y no debe estar por debajo del nivel del terreno circundante o por debajo del nivel de inundación por lluvias torrenciales. Si el desecho es soluble o puede ser lixiviado, no podrá ser almacenado a granel sino envasado o colocado en sitios u otros contenedores protegidos de la lluvia y la humedad.*
14. *El acceso al almacén debe estar restringido al personal autorizado y debe llevarse un control de la entrada y salida de desechos.*
15. *Los desechos incompatibles entre sí deben almacenarse en áreas separadas o aisladas físicamente para evitar accidentes.*

- Verificar que los materiales y desechos peligrosos que genere sean transportados, dentro y fuera de sus instalaciones, cumpliendo con las condiciones establecidas en los artículos 41 y 20 del Decreto N° 2.635 que rezan:

“Artículo 41.- *Los vehículos utilizados dentro del área de generación deben ser adecuados al tipo y tamaño de los envases que van a movilizar; si el desecho está disgregado, deben controlarse las emisiones de partículas en la carga y descarga y durante los trayectos. Para el traslado fuera del área de generación, los vehículos utilizados deben garantizar el transporte de los materiales en condiciones seguras, tanto si se trata de desechos envasados como a granel, en tanques o cisternas, cumpliendo con las disposiciones indicadas en el artículo 20.”*

“Artículo 20.- *El transporte o acarreo de materiales peligrosos recuperables se llevará a cabo cumpliendo con las siguientes medidas:*

1. *El transporte dentro de la industria generadora o recuperadora podrá ser realizado con los equipos y vehículos de la misma empresa, adecuados para transportar el tipo de material de que se trate, cumpliendo con las medidas de seguridad y vigilando que durante el transporte no se produzca contaminación al ambiente por fugas, derrames o accidentes ni daños a la salud.*
2. *El transporte fuera de la industria, se podrá realizar utilizando los vehículos de la empresa, si son adecuados para el tipo de material a transportar y cumplen con las medidas de seguridad, vigilando que no se produzcan fugas, derrames, pérdidas ni incidentes o accidentes que puedan liberar la carga, contaminar el ambiente y causar daños a la salud.*

3. *La movilización de materiales peligrosos que presenten riesgos de Clase, 3 en adelante, se llevará a cabo cumpliendo con las mismas normas de seguridad establecidas para el transporte terrestre, almacenamiento e instalación de sistemas de combustible.*
4. *No se podrá transportar materiales peligrosos recuperables en vehículos de empresas dedicadas al transporte de pasajeros, alimentos, animales, agua potable u otros bienes de consumo que puedan contaminarse con los materiales peligrosos. Tampoco se podrán trasladar en el mismo vehículo simultáneamente materiales peligrosos incompatibles de acuerdo al Anexo E.*
5. *El transporte de materiales peligrosos recuperables que presenten riesgos Clase 4 ó 5 deberá realizarse por empresas especializadas en el manejo de materiales inflamables, explosivos, sustancias químicas peligrosas u otros materiales de riesgos similares y contar con una póliza de seguro de amplia cobertura que cubra los daños a terceros y los daños al ambiente.*
6. *El transporte de materiales peligrosos recuperables que presenten riesgos de Clase 1 y 2 podrá realizarse por transportistas no especializados en la materia.*
7. *Los transportistas que movilicen materiales recuperables, fuera del área de la industria, deberán portar entre sus documentos, la planilla de seguimiento referida en el artículo 24, la póliza de seguro si se requiere y el registro ante el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, establecido*

en el artículo 121, según el tipo de material a transportar y el procedimiento y equipos necesarios para atender una contingencia. Asimismo, deberán portar los documentos exigidos por otros organismos del Estado, cuando los materiales transportados estén controlados por motivos de seguridad, defensa u otros usos restringidos.

- Disponer adecuadamente los materiales y desechos peligrosos según los niveles de riesgo que presenten, cumpliendo con las regulaciones establecidas en los artículos 38 y 39 del Decreto N° 2.635 de fecha 22 de julio de 1998 que rezan:

*“**Artículo 38.-** El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, podrá autorizar la disposición de desechos peligrosos que presenten riesgo Clase 1 y 2, en vertedero o relleno sanitario para desechos ordinarios, si el vertedero o relleno cuenta con un área separada para recibir estos desechos y los mismos se encuentran en estado sólido o han sido sometidos a un proceso de secado o solidificación, no exceden los niveles establecidos para lixiviados, las cantidades se corresponden con las de los pequeños generadores, no existe otro sitio accesible para disposición final de estos desechos, no pueden ser incinerados y no constituyen fuente de peligro adicional al disponerlos con desechos industriales.*

También se podrá autorizar la disposición en vertederos o rellenos sanitarios de los desechos sólidos de riesgo Clase 3 producidos en accidentes, cuando no exista un relleno de seguridad para trasladarlos, no puedan ser incinerados, las cantidades no excedan de 1 ó 2 Kg. y que hayan recibido tratamiento de neutralización o inhibido la condición peligrosa.

Si se trata de un material que presente riesgo Clase 4 ó 5, sólo podrán ser trasladados a un sitio de almacenamiento temporal de desechos peligrosos, a un relleno de seguridad u a otra instalación aprobada para estos fines.”

“Artículo 39.- *Si se trata de desechos peligrosos de grandes generadores o producidos como resultado de accidentes donde se liberen grandes cantidades de desechos, los mismos no podrán ser dispuestos en ningún vertedero ni relleno sanitario sino que todo el material será recolectado con el suelo o sustrato contaminado, manejado de conformidad con las características del material y trasladado a un lugar que reúna las condiciones para el almacenamiento de los desechos, tratado, destruido o dispuesto en un relleno de seguridad.”*

Nota: Es oportuno señalar que el Decreto N° 2.635 no regula expresamente las condiciones de almacenamiento y transporte de las sustancias peligrosas consideradas como materias primas. No obstante, se considera recomendable aplicar a dichas sustancias las previsiones sobre almacenamiento y transporte de materiales y desechos peligrosos, como parte de los controles de gestión que deben implementarse.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se indican los aspectos referidos a la metodología que se aplicó en dicha investigación. Por ende se especifica el tipo de estudio, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procedimiento para procesar la información recopilada.

4.1 Diseño y tipo de investigación

Según el método, técnica, táctica y estrategia utilizada para la ejecución de este trabajo, se define el diseño como de tipo no experimental, de campo, descriptiva, documental y aplicada.

4.1.1 No experimental

Debido a que se identifican las variables de las inversiones pero no se controlan o manipulan con el fin de obtener los resultados.

Según el propósito de la investigación es:

4.1.2 Descriptiva

Ya que se pretendió conocer la situación y su entorno, para tener una idea clara y objetiva de las características de la situación actual.

En relación a esto, Arias (2006) señala que:

“La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. (Arias, F; 2006).

Por otra parte la investigación que se llevó a cabo fue del tipo:

4.1.3 Documental

Según Arias (2006):

“La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. (p. 27)

Esta investigación se basó en la recopilación de datos obtenidos a través de ilustraciones, manuales y material bibliográfico, reuniendo así toda la información referente al sistema lagunar para dar mayor confiabilidad a esta investigación.

Para este estudio se aplicó una investigación de:

4.1.4 Campo

En relación a esto Arias (2006) explica:

“La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera

las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental". (p. 31)

Debido a que se estuvo en contacto directo con los diferentes equipos, maquinarias, personal e instalación del área 75B donde se encuentra el sistema lagunar. Por medio de visitas se consiguieron datos reales y concretos, así mismo se obtuvo experiencia que garantiza un mayor nivel de confiabilidad.

El desarrollo requiere la aplicación de una investigación con diseño no experimental, de tipo descriptivo, evaluativo y documental.

4.2 Población y Muestra

En el caso de la presente investigación la población al igual que la muestra de estudio estará constituida por: el área donde este será construido, la mano de obra, materiales y equipos necesarios para la evaluación del proyecto implementación del nuevo sistema de deposición de lodo y, adecuación ambiental del existente.

Una vez definido el tipo de estudio a realizar y la población adecuada al problema en estudio, la siguiente etapa consistirá en la recolección de datos e información pertinente. Es por ello que se toma en cuenta el siguiente aspecto relativo a las técnicas e instrumentos de recolección de datos, entre las cuales se presentan las más importantes: la entrevista, revisión bibliográfica, visitas al área y, la información digital suministrada a través de la red y otras acciones virtuales de tipo informática.

4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de los datos fue necesario emplear la siguiente técnica:

4.3.1 Observación directa

Por medio de esta herramienta se verifican las actividades que se ejecutan en cada área, logrando así obtener información más precisa y detallada acerca de los procesos, para la elaboración y actualización de las prácticas. Esta técnica se apoyó con la toma de apuntes.

4.3.2 Visitas al área

La visita al área permitió realizar inspecciones que brindaran la información concerniente al sistema de deposición de lodo con el fin de visualizar el estado de las lagunas, de esta manera estar al tanto de ciertos factores involucrados en el sistema.

4.3.3 Documentación bibliográfica

Gran parte de la investigación se sustentará en la revisión de registros, libros y otras fuentes bibliográficas que permitirán obtener información precisa durante la recolección de datos.

4.3.4 Entrevistas

Con la aplicación de entrevistas no estructuradas se logró conseguir información de forma general con el personal que labora directamente en la Gerencia Manejo de lodo y analistas de ingeniería industrial, referente al almacenamiento de lodo rojo, con el fin de adquirir información relevante, opiniones, referencias y conocimientos técnicos del área de estudio.

4.3.5 Equipos y materiales

- ✓ Equipos de protección personal, para realizar las visitas al área de trabajo: casco de seguridad, monolentes de seguridad, pantalones

blue jean, camisa de trabajo manga larga y botas de seguridad tipo media caña trenzado.

- ✓ Tablas de anotaciones, papel, lápiz, y borrador, utilizadas para las anotaciones y entrevistas.
- ✓ Computadora, empleada en la transcripción, informe y proyecto final.
- ✓ Dispositivo USB (Pen Drive), empleado para almacenar toda la información concerniente al proyecto realizado, y para respaldo de la investigación.

4.4 Procedimiento

Para la evaluación del proyecto “Implementación del Nuevo Sistema de Almacenamiento de Lodo y, Adecuación Ambiental del Existente”, fue necesario llevar a cabo las siguientes actividades:

1. Recopilación de información a través de entrevistas al personal técnico encargado de la ingeniería básica del proyecto y personal de proyecto de ingeniería.
2. Diagnóstico de la situación actual y de las inversiones necesarias.
3. Análisis de los niveles de producción de la planta alúmina.
4. En el estudio técnico se hará revisión de la información disponible de la ingeniería básica y conceptual del proyecto.
5. Evaluación del impacto ambiental de la actividad sobre el medio físico natural, socioeconómico y cultural.
6. Revisión de los datos históricos de los últimos tres (3) años de los registros de pérdidas de producción.
7. Recolección de la información concerniente a los costos asociados a cada una de las inversiones.
8. Dimensionamiento de la cantidad de equipos y mano de obra requerida.

9. Análisis de cada una de las variables que intervienen en el contexto interno y externo para la gestión de las inversiones.
10. Elaboración del plan de adecuación ambiental del proyecto.

CAPÍTULO V

SITUACIÓN ACTUAL

El lodo rojo es un subproducto industrial que se genera, inevitablemente, en grandes cantidades durante el proceso de producción de alúmina mediante el proceso Bayer. Por tal motivo, todas las plantas productoras de alúmina a nivel mundial cuentan con grandes sistemas de almacenamiento que permiten disponer de manera segura dicho material, y al mismo tiempo recuperar el hidróxido de sodio residual presente en el licor cáustico asociado al lodo.

La mayoría de las Plantas Refinadoras construidas entre la década de los años 70 y 80 incluyendo a Bauxilum, utilizan como sistemas de disposición final grandes lagunas de almacenamiento (método de disposición en húmedo) ubicadas en tierra firme, construidas aplicando procedimientos y métodos prácticos similares a los utilizados en la construcción de embalses y grandes represas, particularmente en lo referente al diseño de los diques de contención y ataguías.

En el caso específico de CVG Bauxilum, la empresa desde el inicio de sus operaciones en 1983, también ha venido depositando el lodo rojo en grandes reservorios denominados lagunas de relaves rojos (deposición húmeda) o mejor conocidas en el lenguaje popular como lagunas de lodo rojo.

Cuando fue diseñada Interalúmina se contempló la disposición de lodo en 2 lagunas para un periodo de 21 años. Se pensó que la disposición de ese lodo serviría de recubrimiento del fondo de las lagunas y así lograr su

impermeabilización, ya que los lodos son materiales de consistencia limosa, con partículas pequeñas que podían sellar el fondo de las lagunas, además que la presión que ejercía ese volumen de lodo no era tan grande.

Posteriormente en la década de los 90, la empresa amplió la capacidad de la planta, que primero fue diseñada para un millón de toneladas de bauxita, en ese momento su capacidad aumentó a dos millones de toneladas métricas anuales; lo que se traduce al doble de producción de lodo rojo, que llevó a la empresa a elevar los diques hasta los 21 metros de altura sobre el nivel del mar, a fin de aumentar la capacidad de retención de lodo.

Este aumento generó mayor presión sobre el fondo de las lagunas ocasionando filtraciones, las cuales ponían en riesgo la calidad de la laguna de Cambalache y el río Orinoco.

5.1 Lagunas actuales

La laguna 1 que recibe arena y está dentro de las instalaciones de la planta frente al muelle de Bauxilum; y las lagunas 2 y 3 donde se disponen los lodos rojos.

Según la Gerencia Manejo de Lodo la descarga del lodo se hace desde una parte alta, de manera que los sólidos que traen desde la planta quedan decantados en una laguna 3c y los líquidos bajan a las lagunas 2 y 3a.

Las lagunas 2 y 3a están sometidas al proceso de evaporación, que en esta zona de la ciudad supera la precipitación anual y esto hace que la cantidad de líquido sea menor en comparación a lo que se evapora. Esto permite mejorar el balance del líquido que viene de la planta hacia el área de las lagunas.

Los líquidos que pasan a través de los diques son interceptados en el canal de recolección o subdrenaje que rodea el perímetro de los mismos y cuenta con estaciones de bombeo que retorna el sobrenadante a las lagunas nuevamente.

La descarga y almacenamiento de estos lodos diluidos en lagunas, crearon problemas de impacto ambiental e incrementaron los costos operativos de la planta.

En el año 2005, se pone en marcha un sistema para adensar y transportar la suspensión de lodo con dos tanques espesadores de alto rendimiento, tecnología Tasster® y una bomba de desplazamiento positivo (Geho Pump), pudiéndose obtener concentraciones de sólidos de hasta 850 gpl. Actualmente se opera a un promedio de concentración de 600 gpl, descargándose esta suspensión en reservorios donde se almacenan los sólidos dejando escurrir los líquidos hacia las antiguas lagunas de relaves rojos que funcionan como grandes espejos de evaporación.

En el Cuadro N° 1, se presentan las características fisicoquímicas relevantes del lodo rojo generado por el Proceso Bayer de Bauxilum.

En la actualidad los diques de contención de las lagunas se están acercando a lo niveles críticos (borde libre de seguridad), por lo tanto se le confiere una alta vulnerabilidad al sistema, pudiéndose comprometer la continuidad operativa de la empresa y la seguridad ambiental del entorno.

El equipo técnico de la Gerencia Manejo de Lodo de CVG Bauxilum CA, tras el haber realizado, estudios, pruebas y ensayos, ha desarrollado un proyecto integral para implementar un sistema de Deposición de Lodo en Seco (DLS) tomando en consideración todas las variables ambientales y características propias de los terrenos y residuos.

La situación de obsolescencia y agotamiento del sistema existente, exige el inicio inmediato del cambio de sistema hacia la DLS, permitiendo la sostenibilidad de las operaciones de la planta industrial para los próximos 20 años, considerando que CVG Bauxilum CA, es el primer eslabón en la cadena de la industria nacional del aluminio y la promotora del desarrollo endógeno, como fuerza de transformación social y económica.

5.2 Estanques de evaporación

Comprende una nueva área de evaporación de licor sobrenadante que permite mejorar el balance de líquidos del sistema y disminuir el riesgo ambiental al reducirse el nivel de líquido de las lagunas. Este sistema se considera de suma importancia ya que prepararía el sistema para recibir los flujos de esorrentía, como también los que entrarían al sistema debido a la creación del nuevo sistema lagunar.

5.3 Ubicación de las Lagunas

El área de desecho de lodo rojo está al aire libre, con coordenadas de planta $x= 3070$, $y= 10440$ y al sur de la calle 56.

Un nivel superior existe sobre los tanques de desecho para facilitar el acceso a los motores de los agitadores y a las válvulas de entrada a tanque. Las válvulas de la descarga inferior del tanque, las bombas y las válvulas de descarga están a nivel del suelo.

Las lagunas están ubicadas desde 1 a 6 Km al Noroeste de la planta de alúmina, llamadas la guadita y Los Caribes, las cuales va del oeste al este a lo largo del río Orinoco.

Las subdivisiones de las lagunas son parcialmente determinadas por las existentes y las requeridas carreteras de servicios, parcialmente por las limitaciones impuestas por la tuberías que llevan el gas natural

pertenecientes a PDVSA y parcialmente por superficie de evaporación y los volúmenes requeridos.

La laguna N° 1 (La laguna arena) está limitada por el Norte, Oeste y Sur con la laguna de Guadita y tiene una superficie de 319.000m². En el borde sur existe el dique N° 10 el cual sirve para construir carreteras para el mantenimiento de las tuberías de desecho.

En el lado Este está localizado la propiedad de PDVSA. Ella está protegida por el dique N° 3. Un espacio a lado Oeste es usado como lugar de trabajo para los grupos del muelle, como área de almacenamiento para terceras personas o para futuras exigencias de la planta.

Los transportadores de carga y descarga están protegidos por el dique N° 1. El dique N° 2 está entre el río y las lagunas.

Los bordes de las lagunas N° 2 y 3 (Lagunas de Lodo Rojo) tomándolas juntas corresponden mas o menos a la Laguna Los Caribes. El lado Oeste esta marcado por la propiedad de PDVSA, dichas lagunas poseen una superficie de 766.000m² y 981.000m² respectivamente. Ella esta protegida por el dique N° 5. La subdivisión de la laguna Los Caribes, en las lagunas N° 2 y 3 está hecha con el dique N° 7, para obtener las capacidades de almacenamiento casi igual sin muchos costos adicionales de diques. Los diques al lado del río son asignados como 6 y 8 respectivamente.

La laguna N° 4 representa la parte más lejana de la laguna La Guadita. En el Norte está demarcado de la laguna N° 1 por el dique N° 10, en el Oeste de la laguna N° 4 servirá como un desagüe general para las aguas de lluvia al río.

La laguna N° 5 (laguna de ácido) es aproximadamente de forma triangular con un lado cerrado por el dique N° 11 y los demás por la topografía natural.

Características físicas	
Flujo de sólidos:	145 t/h (base seca)
Concentración de sólidos:	44 – 49 % en peso, 630 - 750 g/l
Concentración de cáustica en fase líquida:	Na ₂ O total 20-45 g/l
Temperatura:	70 °C
Peso específico del lodo:	2.90 t/m ³
Peso específico de los sólidos del lodo:	3.10 t/m ³
Peso específico de los líquidos:	1.010 t/m ³
Composición Química (típica)	
Fe ₂ O ₃	40,1 %
Al ₂ O ₃	21,4 %
SiO ₂	15,0 %
TiO ₂	3,2 %
CaO	3,8 %
Na ₂ O	3,0 %
- Pérdidas por Ignición	10 -12%

Tabla N° 2: Características Fisicoquímicas típicas del Lodo Rojo generado por el Proceso Bayer de CVG Bauxilum.

Fuente: Gerencia de Manejo de Lodo, CVG Bauxilum, C.A.

Para la laguna de arena, las líneas están a lo largo del lado del río.

Para la laguna de ácido, la línea va a lo largo de la línea de lodo rojo hasta llegar a la laguna de ácido para luego continuar a lo largo del dique N° 11.

5.4 Lista de equipos originales

Clarea de desecho del lodo rojo y el área de las lagunas esta compuesto de:

- Dos (2) tanques de desecho del lodo rojo T-75-1/2.
- Dos (2) agitadores para los tanques A-75-1/2.
- Tres (3) bombas de desecho del lodo rojo P-75-1A1B-101.
- Dos (2) bombas para el retorno del agua de la laguna de arena P-75-4A/B.
- Dos (2) bombas para retorno del agua de las lagunas de lodo rojo P-75-2/3.
- Una (1) bomba de suministro P-75-11.
- Un (1) sumidero S-75-11.
- Tres (3) plataformas flotantes, Barge 75-1/2/3.
- Una (1) laguna de arena (laguna 1).
- Dos (2) lagunas de Lodo Rojo (lagunas 2y 3).
- Una (1) laguna de desagüe (laguna 4).
- Una (1) laguna de acido (laguna 5).

5.5 Producción de alúmina promedio de los 3 últimos años

En los últimos años, una de las razones por la cual la producción de alúmina de la empresa ha decaído se debe al agotamiento del sistema de almacenamiento de lodo rojo, como se muestra a continuación el gráfico N° 1.



Gráfico N° 1: Producción promedio de alúmina en CVG Bauxilum.
Fuente: Propia

Al disminuir la producción de alúmina, de igual modo va disminuyendo la cantidad de lodo rojo producto del proceso Bayer, como se muestra en el gráfico N° 2.

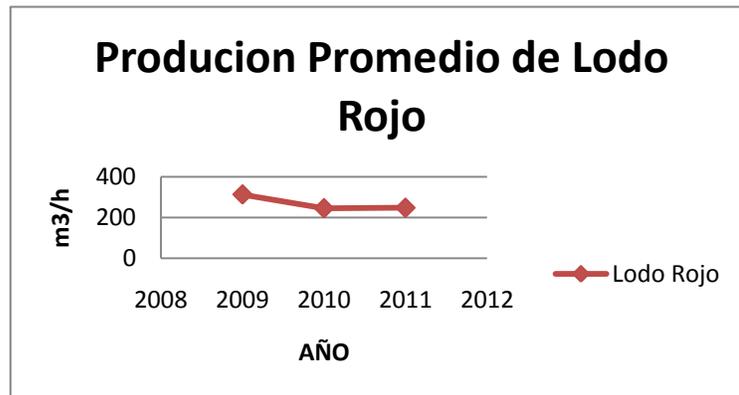


Gráfico N° 2: Producción promedio de Lodo Rojo en CVG Bauxilum.
Fuente: Propia

5.6 Control del sistema lagunar

Actualmente se le realizan un seguimiento al área 75 para inspeccionar y medir el sistema lagunar, de esta manera llevar un control y tomar las medidas necesarias para su funcionamiento.

El control se lleva mediante prácticas operativas, las cuales tienen como objetivo según el SDI (2012), establecer una secuencia lógica, que permita efectuar la inspección de tipo visual y sistema lagunar Área 75B, con la finalidad de recopilar toda información requerida para el control y toma de acciones en el mismo, dando cumplimiento a las Normas y Procedimientos establecidos por la empresa CVG Bauxilum. Asimismo, que sirva como herramienta de capacitación y guía para el personal que ejecuta la actividad de recopilación de data y medición. Entre las prácticas operativas para los controles del sistema se encuentran las siguientes:

Inspección del sistema lagunar, área 75B

Su alcance va desde las verificaciones preliminares, la inspección visual al sistema lagunar, asentar las observaciones en el formato “Informe Diario Recorrido de Inspección Área 75B”, hasta notificar los resultados de la inspección al Jefe de Proyectos y/o Ingeniero de Procesos y efectuar las verificaciones posteriores.

Medición del sistema lagunar, área 75B

Su alcance según el SDI (2012), va desde las verificaciones preliminares, recopilación, toma de medidas indicadas en el formato de “Instrucciones”, hasta realizar las anotaciones de las mismas en el formato y notificar los resultados de la inspección al Ingeniero encargado de procesar y evaluar la información, para posteriormente efectuar el análisis de los resultados de las mediciones y data obtenida.

Estas medidas de control se realizan para monitorear el grado de elevación del lodo y el licor, para tomar las medidas necesarias para mantener un equilibrio.

El nivel de las lagunas 2 y 3a siempre se comparan para mantener el mismo nivel de licor en ambas, pasando licor de la laguna 3a hacia la laguna 2, manteniendo el límite de seguridad, esto se realiza a través de una válvula conectada hacia la laguna 2.

5.7 Distribución de la fuerza laboral

La Gerencia de Manejo de Lodo cuenta con un personal calificado para dar cumplimiento a su gestión, debido a cambios en las actividades referentes al nuevo sistema de Deposición de Lodo en Seco (DLS), se debe realizar un ajuste en la cantidad de equipos móviles y redistribución de las asignaciones de actividades por cargo (ver tabla N° 3).

CARGO	PERSONAL				TOTAL DISPONIBLE
	AUTORIZADO ESTRUCTURA VIGENTE	TEMPORAL	SUPERNUMERARIO	VACANTE	
Gerente	1				1
Jefe de Proyectos	1		1		2
Especialista de Proyectos	1				1
Ingeniero de Proceso	2		1		3
Inspector de Obras	1	2			3
Secretaria	1	1			2
Administrador de Contratos	1				1
Mecánico Equipo Móvil	1			1	
Topógrafo		1			1
Ayudante Topografía		2			2
Mecánico mantenimiento de Planta		1			1
Operador Mantenedor Equipo Móvil		13			13
Ingeniero de Proyectos		1			1
Supervisor Equipo Móvil		1			1
TOTAL	9	22	2	1	32

Tabla N° 3: Distribución de la fuerza laboral de la Gerencia Manejo de Lodo
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

De acuerdo a lo descrito anteriormente se puede notar el agotamiento existe en las lagunas de almacenamiento de lodo, es por ello que para apoyar la investigación se realiza un análisis que indiquen de forma general las posibles causas que originan dicha problemática. A continuación se muestra un diagrama de causa – efecto (ver figura N° 6).



Figura N° 6: Diagrama Causa- Efecto del sistema lagunar de almacenamiento de Lodo Rojo.
Fuente: Propia.

5.8 Análisis diagrama Causa-Efecto

El diagrama mostrado anteriormente es una herramienta que permite establecer relaciones de causa – efecto con respecto a la problemática planteada, en la cual se hace referencia a las causas principales que ocasionan el agotamiento del sistema lagunar de almacenamiento de lodo rojo. Para ello se dividieron en cuatro categorías:

✓ **Impacto ambiental del sistema lagunar**

Contaminación de los suelos y aguas: esto se refiere a la contaminación que se produce a causa de las fugas de licor caustico a las lagunas rebalseras y a las que se generan en pequeña escala al río Orinoco.

Reducción de la vida útil del sistema lagunar: la vida útil del sistema original se estimó para 21 años, sin embargo debido a las intensas

precipitaciones y la inexistencia de un drenaje pluvial perimetral adecuado, este se redujo a la mitad.

✓ **Operaciones técnicas del sistema lagunar**

Incremento de la capacidad de almacenamiento: debido al poco espacio de almacenamiento, la empresa se vio en la necesidad de elevar los diques de contención.

Dificultad operativa para monitorear el funcionamiento del sistema lagunar: el sistema lagunar requiere de un monitoreo constante para verificar su buen funcionamiento, pero este se dificulta por la falta de recursos.

Operaciones realizadas por contratistas: para la elevación de los diques se requirió de empresas contratistas debido a que la empresa no cuenta con la maquinaria y equipo necesario.

✓ **Seguridad del sistema lagunar**

Incremento progresivo de riesgo ambiental: debido a la capacidad limitada del sistema, el nivel de lodo ya se encuentra cerca de los niveles críticos de seguridad, poniendo en riesgo la salud de los trabajadores y a la propia planta.

✓ **Recursos económicos**

Altos costos de mantenimiento del sistema de bombeo lodos y arena: mediante el sistema de bombeo Geho el lodo y la arena por medio de tuberías son enviados a las lagunas, por lo cual son factores de gran importancia para el sistema lagunar y necesitan mantenimiento constante.

Alto costo de monitoreo ambiental: debido a las fugas en las lagunas, se deben hacer monitoreos constantes para chequear los niveles de pH en las

lagunas naturales y en el río Orinoco, de esta manera evitar una contaminación a escala mayor.

Bajos recursos económicos de la empresa: esto se debe a la baja producción de alúmina y a las cuentas por cobrar.

Cabe destacar que el sistema actual de deposición de lodo no cumple con las normativas legales sobre ambiente, exponiendo la seguridad de los trabajadores y la del medio ambiente. Debido a lo antes expuesto se requiere la propuesta de un nuevo sistema de almacenamiento de lodo que brinde la seguridad necesaria para la empresa, el medio ambiente y, la comunidad.

CAPÍTULO VI

SITUACIÓN PROPUESTA

En este capítulo se presentan los aspectos que conforman la evaluación del proyecto “Implementación del Nuevo Sistema de Almacenamiento de Lodo y, Adecuación Ambiental del Existente” en C.V.G Bauxilum.

La evaluación del proyecto se realizó para apreciar los diferentes elementos que afectan la implementación del nuevo sistema de almacenamiento de lodo, tomando en cuenta los equipos, mano de obra, impacto ambiental, entre otros.

6.1 Análisis de las Alternativas Tecnológicas para el tratamiento y disposición de los lodos rojos.

6.1.1 Disposición en seco

Mediante este método el lodo residual proveniente del circuito de lavado de relave rojo se filtra hasta obtener un material procesado denominado torta con un contenido de sólidos mayor a 65 % que es enviado mediante camiones o correas transportadoras hasta el sitio de disposición final donde es descargado sin recibir tratamientos adicionales.

Como parte del procedimiento, el lodo se lava en el filtro con agua o vapor para extraerle la soda caustica y reducir la alcalinidad del residuo mineral.

Las principales desventajas de este método son la necesidad de disponer de un sistema de filtración de alta eficiencia con capacidad para filtrar todo el

lodo generado por la Planta, los que en la mayoría de los casos no han sido probados exitosamente a escala industrial y además su mantenimiento es complejo y costoso. También constituye una fuente potencial de generación de emisiones fugitivas de polvo debido a que maneja grandes volúmenes de material seco de baja granulometría.

6.1.2 Apilamiento en seco (*Dry Stacking*)

Este método consiste en la densificación de la suspensión proveniente de la última etapa del circuito de lavado en grandes tanques espesadores hasta obtener un lodo tixotrópico de consistencia pastosa con un contenido de sólidos entre 48 y 55 % que es amigable para ser bombeado y transportado a través de tuberías.

El lodo densificado se descarga directamente en celdas o terrazas impermeabilizadas provistas de sistemas de drenajes sub-superficiales donde éste fluye en el sentido de la pendiente del terreno sin segregarse (separación en fase líquida y sólida) para formar capas de un espesor uniforme con un ángulo de reposo que varía de 2° a 6°.

El material pastoso se va descargando progresivamente en finas capas que se dejan secar por efecto del escurrimiento natural y la evaporación antes de colocar una nueva capa, hasta que se logran configurar las pilas de almacenamiento (*dry stacking*) a la altura predeterminada.

Una vez apilado, el lodo densificado se consolida aún más debido a la fuerza que ejerce su propio peso hasta alcanzar una densidad final que varía de 62 a 65 %, con el consecuente aumento en la resistencia al corte (> 20 kPa).

El sistema está diseñado para garantizar que el lodo densificado (de consistencia pastosa) sea auto-portante, y pueda, en consecuencia, ser

apilada a grandes alturas dentro de un área provista de sistemas de contención.

Un aspecto importante a destacar es el hecho de que previo a su densificación al lodo se le reduce al máximo su contenido de soda cáustica, lo que facilita a futuro la recuperación ambiental del sitio de almacenamiento una vez agotada su vida útil (ver figura N° 7).

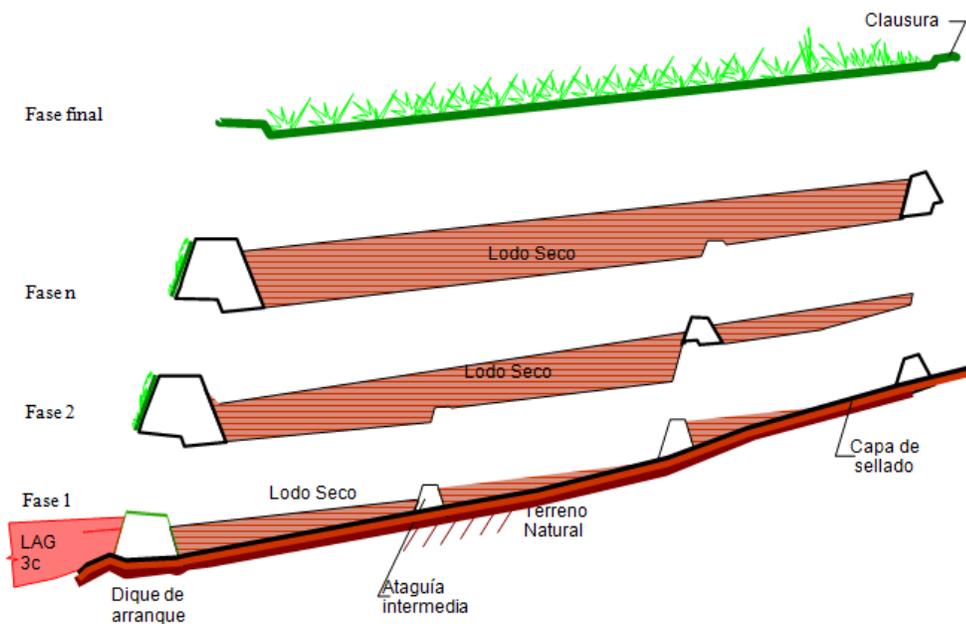


Figura N° 7: Esquema constructivo del Sistema de Disposición de lodo Rojo en Seco por Apilado en Seco (*Dry Stacking*)
Fuente: Gerencia Manejo de Lodo

6.2 Selección del escenario más factible

Las anteriores propuestas fueron sometidas a consideración por el personal técnico que conforma la Gerencia Manejo de Lodo para seleccionar la más factible a implementar. Siendo el segundo escenario la propuesta elegida por las siguientes razones:

- ✓ Incrementa la capacidad de almacenamiento de los residuos de lodo, permitiendo así la continuación de las operaciones de la planta de alúmina a largo plazo.
- ✓ Permite retornar a la Planta insumos valiosos como soda caustica y aluminatos, que bajo las condiciones actuales permanecen en las lagunas.
- ✓ Mejoramiento de los tiempos de secado debido a la remoción regular de la superficie de las capas de lodo asegurando la vida útil del sistema y la consolidación del lodo.
- ✓ Es una tecnología de comprobada eficiencia y seguridad utilizada a escala industrial en diversos países del mundo para la disposición final de lodo rojo. De hecho el 70 % de las plantas refinadoras de alúmina en el mundo la utilizan.
- ✓ Posee un excelente record de seguridad industrial a nivel mundial.
- ✓ Se eliminan los riesgos ambientales y de salud asociados a la existencia de un gran sistema lagunar lleno de licor o agua caustica.
- ✓ Oportuno y cabal cumplimiento de las exigencias establecidas en la normativa ambiental vigente aplicables al manejo de desechos peligrosos.

6.3 Pérdida de producción

De acuerdo a la base de datos disponible en la Gerencia Control de Calidad y Procesos de la empresa se realizó un pronóstico de pérdidas de producción para los siguientes 5 años, teniendo como base los tres años anteriores (ver apéndice N° 2) a fin de determinar los ahorros que generará la puesta en marcha del proyecto de implementación del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo (ver tabla N°4).

Pronóstico de Producción		
Año	Lodo a laguna (m3/h)	Alúmina (t/mes)
2012	248	101.847
2013	186	91.922
2014	139	83.634
2015	104	77.418
2016	78	72.755
2017	59	69.259

Tabla N°4: Pronóstico de producción
Fuente: Propia

La pérdida de producción promedio es -22.514t/mes, lo que se traduce a -202.623,72t/año (ver apéndice N° 3).

6.4 Estudio técnico

6.4.1 Análisis de las Alternativas de Localización del Proyecto

Con relación a este aspecto es importante aclarar que el equipo técnico de la Gerencia de Manejo de Lodo no consideró necesario evaluar diferentes alternativas de localización debido a que por razones técnicas y de proceso, el nuevo sistema de disposición de lodo en seco (Apilado en seco) debe instalarse dentro de los linderos de Bauxilum y específicamente al lado de las actuales lagunas de almacenamiento de lodo rojo para poder aprovechar las áreas libres y todas las instalaciones de servicios industriales existentes (electricidad, sistemas de drenaje pluviales, redes de recolección de aguas residuales industriales, etc.).

6.4.2 Ubicación geográfica del proyecto

La parcela de terreno sobre la cual se propone desarrollar el proyecto está localizada dentro de las instalaciones de CVG Bauxilum, ubicadas en la Avenida Fuerzas Armadas de la Zona Industrial de Matanzas, Parroquia

Unare en jurisdicción del Municipio Caroní del estado Bolívar, específicamente en la Unidad de Desarrollo 523 y 524, al Norte de las instalaciones de la empresa Ácidos y Minerales de Venezuela, C.A., y al Oeste de la comunidad de Cambalache.

El acceso a las instalaciones de CVG Bauxilum, C.A., se realiza a través de la avenida Fuerzas Armadas (Norte – Sur 6) siguiendo una vía de servicio, de dos canales de circulación, que se deriva de esa importante arteria vial después de pasar el puente del ferrocarril de CVG Ferrominera Orinoco, y que llega al portón principal de la empresa. El acceso a la parcela del proyecto se realiza mediante la vialidad interna de la empresa en dirección a las lagunas de almacenamiento de lodo Rojo. Ver Figura N° 8.

El área posee *Zonificación de Uso tipo NI-1 Parcelamiento de Industrias Pesadas*, según lo dispuesto en el **artículo 4 del Plan Rector de Desarrollo Urbano del Área Metropolitana de Ciudad Guayana**, promulgado mediante Resolución Conjunta MINDUR 117 y MARN 113 del 22/11/1984, publicada en la Gaceta Oficial N° 3.558 E del 28/05/85. Asimismo, la Ordenanza de Zonificación de Ciudad Guayana publicada en Gaceta Municipal del Distrito Caroní de fecha 30/08/70, establece para ese sector **Zonificación M4 (Industria Pesada)**.



Figura N° 8: La parcela donde se desarrollará el proyecto
Fuente: Gerencia Manejo de Lodo

Los límites de la parcela, según el documento de propiedad del terreno se indican a continuación:

Norte: Rio Orinoco, instalaciones portuarias de CVG Alcasa, y Avenida Norte – Sur 6.

Sur: Terrenos de las empresas Sidetur y Ácidos y Minerales de Venezuela, C.A.

Este: Comunidad de Cambalache y Vertedero Municipal

Oeste: Planta de Ferroaleaciones de FERROVEN

El sistema estará ubicada en una parcela de terreno de 82 Ha de superficie que se encuentra parcialmente intervenida, adyacente al sistema de lagunas de almacenamiento de Lodo Rojo (Lado Sureste). El área de la parcela

representa menos del 10 % de la superficie total ocupada por las instalaciones administrativas e industriales de Bauxilum que alcanza las 876,5 hectáreas, aproximadamente.

6.4.3 Dimensionamiento de equipos y mano de obra para la construcción del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo.

De acuerdo a los estudios realizados por el equipo técnico de la Gerencia Manejo de Lodo, en base a la dimensión de la parcela se obtuvo la cantidad de equipos necesarios para la construcción del nuevo sistema de almacenamiento de lodo (ver tabla N° 5).

Descripción	Cantidad
Tractor sobre orugas, potencia 410 hp/306 kw	1
Tractor sobre orugas, potencia 145 hp/108 kw	1
Motoniveladora potencia 165 hp/123 kw	1
Cargador Frontal de ruedas, potencia 400 hp/2941 kw	1
Cargador Frontal de ruedas, potencia 216 hp/181 kw	1
Retroexcavadora Potencia 89 hp/66 kw	1
Rodillo liso potencia 150 hp/112 kw	1
Camión Volteo 18 m ³	8
Camión Volteo 10 m ³	6
Camión Cisterna 15 m ³	1
Compactador pata de cabra, potencia 240 hp/179 kw	1
Camión de Servicio	1
Camión 350 con plataforma	1
Camión Roquero Articulado 30 ton	4
Total	29

**Tabla N° 5: Dimensionamiento de equipos para la construcción del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo.
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial**

En cuanto al personal que se requiriere para la construcción se obtuvo lo siguiente: (ver tabla N°6)

Mano de Obra	Cantidad
Jefe de Proyectos	1
Especialista de Proyectos	1
Ingeniero de Proceso	3
Dibujante	1
Proyectista	1
Secretaria	1
Planificador de Proyectos	1
Técnico Control de Calidad y Monitoreo	1
Operador de Proceso	2
Lubricador Industrial	1
Controlador Apoyo Operaciones	1
Operador Mantenedor de Equipo Movil	38
Supervisor	3
Topógrafo	1
Ayudante de Topografía	2
Inspector de Obra	2
Mecánico Mantenimiento de Planta	2
Ayudante	4
Total de Mano de Obra	66

**Tabla N°6: Dimensionamiento de mano de obra para la construcción del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo.
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial**

6.4.4 Dimensionamiento de equipos y mano de obra para la operación del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo.

Después de construido el nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo, este requiere de equipos como del personal necesario para su efectiva operación (ver tabla N° 7).

Descripción	Cantidad
Tractor sobre orugas, potencia 410 hp/306 kw	1
Tractor sobre orugas, potencia 145 hp/108 kw	1
Motoniveladora potencia 165 hp/123 kw	1
Cargador Frontal de ruedas, potencia 216 hp/181 kw	1
Retroexcavadora Potencia 89 hp/66 kw	1
Rodillo liso potencia 150 hp/112 kw	1
Camión Volteo 20 m ³	4
Camión Volteo 10 m ³	4
Camión Cisterna 15 m ³	1
Compactador pata de cabra, potencia 240 hp/179 kw	1
Excavadora hidraulica sobre oruga. Balde de 30", oruga de 28", potencia 110 hp/82 kw	2
Total	18

Tabla N° 7: Dimensionamiento de equipos para la operación del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo.

Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

El personal requerido para su operación es el siguiente: (ver tabla N°8)

Mano de Obra	Cantidad
Auxiliar Apoyo Logístico	1
Controlador de repuestos	2
Electromecánico Industrial I	3
Inspector Protección Planta I	1
Lubricador Industrial	4
Mantenedor Neumático	4
Mecánico Equipo Móvil	10

Tabla N°8: Dimensionamiento de mano de obra para la operación del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo.

Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

Mano de Obra	Cantidad
Operador Equipo Pesado V	23
Operario Especial de Servicios	5
Pintor Industrial	1
Secretaria I	1
Soldador	1
Supervisor Equipo Móvil	1
Supervisor General de Taller Mecánico	1
Total de Mano de Obra	58

Tabla N°8: Dimensionamiento de mano de obra para la operación del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo.

Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

6.4.5 Consumibles

Para la operación y mantenimiento de los equipos se requiere cierta cantidad de consumibles que se muestran en la tabla N°9.

Consumibles
Combustible
Lubricantes-motor
Lubricantes-sistema hidráulico
Grasa
Filtros de motor
Filtros de transmisión e hidráulico
Filtros de combustible primario
Filtros de combustible final
Filtros de aire primario
Filtros de aire final

Tabla N°9: Consumibles
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

6.4.6 Materiales de construcción

Además de los equipos y mano de obra necesaria para la construcción del nuevo sistema de almacenamiento es fundamental una serie de materiales importantes para el buen desarrollo del mismo (ver tabla N°10)

Materiales de construcción
Abrazadera 3 y 4 tornillos
Acero (Cabilla) Diá.3/4/7"
Acetileno
Alambre
Arena lavada
Barra Copperweld de 5/8*6"
Barra de anclaje
Cemento
Codo 90° RL, estandar, Ø 10"
Codo 90° RL, estandar, Ø 12"
Codo 90°, estandar, Ø 4"
Concreto de f'c=210 kg/cm
Concreto de f'c=250 kg/cm
Madera para encofrado
Clavos 5", 4", 3".
Discos de esmeril
Electrodos
Empacadura
Esparragos
Geosintetico 1000 micras PEAD
Geotextil 180 g
Kit de liquido penetrante
Oxigeno
Piedra picada # 2"
Piedra picada # 3/4"

Tabla N°10: Materiales de construcción
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

Materiales de construcción
Separadores
Tee, Ø 12", WPHY-52, sin costura, MSS SP-75 / ASME B16.9.
Tee, estandar, Ø 10", acero al carbono, A234, grado WPA ó WPB.
Tuberia 10"
Tuberia 12"
Tuberia 20"
Tuberia 3"
Tuberia 4"
Tuberia 18"
Tubo PEAD Ø 4".
Tubo perforado PEAD N5 Ø 10"
Tubo perforado PVC reforzado Ø 2".
Tubo perforado PVC reforzado Ø 4".
Válvula de compuerta de Ø 10" 150
Válvula de compuerta de Ø 10" 900
Válvula de compuerta de Ø 6" 150
Válvula de tapon brindada de Ø 3" 150
Válvula de tapon brindada de Ø 3" 900
Válvula de compuerta de Ø 12" 900
Válvula de compuerta de Ø 4" 150
Yee Ø 12" sin costura

Tabla N°10: Materiales de construcción
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

6.4.7 Módulo de Servicio y Área de taller

También es necesario un módulo de servicio y un área de taller para el mantenimiento de los equipos para garantizar su buen funcionamiento (ver tabla N°11).

Módulo de Servicio y Área de Taller.	Cantidad
Módulo de Servicio	600 m ²
Planta eléctrica 1500-1850 watt marca general 5 kva	1
Acondicionador de Aire 12000 BTU Monofásico.	1
Taller	300 m ²

Tabla N°11: Módulo de servicio y área de taller
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

6.4.8 Equipos y herramientas de taller

Del mismo modo se requiere de equipos y herramientas para el funcionamiento de taller (ver figura N°12).

Equipos y Herramientas de Taller	Cantidad
Grúa 50 t	1
Caja de Herramientas Mecánicas	2
Caja de Herramientas Soldadura	2
Caja de Herramientas Concreto	1
Tanque diesel 5.000 l	1
Compresor Aire 140 CFM	1
Prensa Hidráulica 30 t	1
Taladro Industrial	1
Señorita	2
Máquina Soldar 400 A	1
Motobomba	1
Mangueras	130 m
Juego de llaves	1
Rastrillo	4
Pala	6
Pico	4

Tabla N°12: Equipos y herramientas de taller
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

Equipos y Herramientas de Taller	Cantidad
Tobo	4
Carretilla	2
Vibrador a gasolina	1
Termo para electrodos	2
Caballete	4
Placa vibrante rana	1
Juego de Mordazas	2

Tabla N°12: Equipos y herramientas de taller
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

6.4.9 Equipos menores

Se debe tomar en cuenta algunos equipos menores para contribuir al buen desarrollo del proyecto (ver tabla N°13).

Equipos Menores	Cantidad
Equipo de topografía	1
Tráiler	2
Baños portátiles	4
Radio Portátil	10
Comedor	4

Tabla N°13: Equipos menores
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

6.4.10 Equipos y mobiliarios de oficina

Adicionalmente se debe contar con equipos y mobiliarios de oficina para equipar las diferentes áreas del módulo de servicio.

Equipos y Mobiliarios de Oficina	Cantidad
Microcomputador / Accesorios	1
Sillas para Escritorios	2

Tabla N°14: Equipos y mobiliario de oficina
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

Equipos y Mobiliarios de Oficina	Cantidad
Lockers	20
Sillas de Oficina	13
Escritorios	2
Nevera	1
Archivador	1
Extintores	9
Acondicionador de Aire 36000 BTU Monofásico.	1
Mesa de Trabajo	2

Tabla N°14: Equipos y mobiliario de oficina
Fuente: Gerencia Ingeniería Industrial

6.4.11 Sistema de bombeo

Este proyecto incluye la fabricación y suministro del sistema de bombeo de alta presión, bomba GEHO, suministro de materiales y construcción de las facilidades requeridas para la instalación de la bomba y equipos asociados, arranque, puesta en marcha y suministro de repuestos.

El sistema de DLS, requiere de un estrecho rango de operación que asegure los parámetros de flujo y concentración del lodo depositado, para ello el sistema de bombeo de lodo denso debe poseer un factor operativo de 100%. Actualmente se dispone de una sola bomba de lodo denso, con un factor operativo que no alcanza lo esperado, limitando con esto la implementación del sistema DLS, razón por la cual se requiere la adquisición e instalación de la 2da bomba GEHO de lodo denso similar a la existente.

6.4.12 Equipo rompe costra

Es gran importancia la adquisición de un equipo rompe costra, ya que este facilitara el almacenamiento de lodo, debido a que este equipo rompe la

costra que se forma al secarse el lodo superficial haciendo que el lodo que esta debajo también se seque.

6.5 Estudio económico

Para realizar la evaluación económica se tomaron en cuenta las siguientes premisas:

- La tasa de interés o de descuento es de 12% de acuerdo a los lineamientos de la evaluación de proyectos seguidos por la empresa.
- Los indicadores económicos a utilizar para evaluar la alternativa planteada son Valor Presente (VP), Valor Anual (VA) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).
- La inversión total estimada para la construcción del Sistema de Disposición de Lodo Rojo en Seco (Dry stacking) es de USD 36.810.413, los cuales serán financiados con recursos generados por la propia empresa, y el Ministerio del Poder Popular para las Industrias Básicas y Minería.

Los componentes de la inversión se estiman en un 80 % de origen nacional y el 20 % restante corresponden a la adquisición de equipos e insumos altamente especializados en el exterior (Bielorrusia) debido a que los mismos no son fabricados en el país.

El componente nacional estará representado principalmente por: preparación del sitio, movimiento de tierra, obras civiles, infraestructura, ingeniería, tuberías, geotextiles, entre otros, mientras que el componente foráneo estará representado, principalmente, por bombas, tuberías, tanques, polímeros, entre otros.

- La escala de tiempo de esta inversión esta estimada para 20 años.

- Los costos operacionales de este proyecto se cuantifican al final de cada año con un estimado del 20% de la inversión total, la cual equivale a USD 7.856.011/año, siendo un egreso anual de materiales, salarios, costos de operación y mantenimiento para que el proyecto se mantenga en el periodo de tiempo establecido (ver tablas N° 15 y 16).

Descripción	Total
Consumibles (Bs.)	678.935
Mano de Obra (Bs.)	23.031.151
Repuestos (% inversión equipos) (Bs.) 20%	10.070.760
Total (Bs./año)	33.780.846
Total (US\$/año)	7.856.011

Tabla N° 15: Resumen costos de operación y mantenimiento
Fuente: Propia

Año	Descripción	Monto (Bs)	Monto (US\$)
2012	Materiales; DLS 1-1 y DLS 1-2	30.371.779	7.063.204
2013	Materiales; DLS 2-1	26.221.825	6.098.099
2014	Materiales; DLS 1-3, LSN 3B	11.313.648	2.631.081
2016	Materiales DLS 2-2	17.099.272	3.976.575
2017	Materiales DLS 2-3	2.772.927	644.867
2019	Materiales DLS 1-4	10.718.373	2.492.645
2022	Materiales DLS 2-4, DLS 1-5	12.879.057	2.995.129
2026	Materiales DLS 1-6	4.434.479	1.031.274
2027	Materiales DLS 2-5	5.334.241	1.240.521
2031	Materiales DLS 2-6	6.034.068	1.403.272

Tabla N°16: Resumen de materiales
Fuente: propia

- Los ingresos percibidos por la construcción del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo están reflejados en ahorros como consecuencia en la disminución del costo unitario en comparación a la situación actual. Estos ahorros también se cuantifican al final de cada año (ver tabla N° 17)

Año	Ahorros (US\$/año)	Año	Ahorros (US\$/año)
2013	7.550.127	2023	20.658.112
2014	13.854.898	2024	20.658.112
2015	18.583.476	2025	20.658.112
2016	22.129.909	2026	20.658.112
2017	20.658.112	2027	20.658.112
2018	20.658.112	2028	20.658.112
2019	20.658.112	2029	20.658.112
2020	20.658.112	2030	20.658.112
2021	20.658.112	2031	20.658.112
2022	20.658.112		

Tabla N° 17: Ahorros
Fuente: Propia

El proyecto de inversión esta definido por una serie de flujos monetarios que ocurren durante el transcurso de la vida del proyecto, en donde se refleja la relación costo-beneficio. En el gráfico N°3 se muestra el flujo monetario correspondiente para esta oferta de inversión.

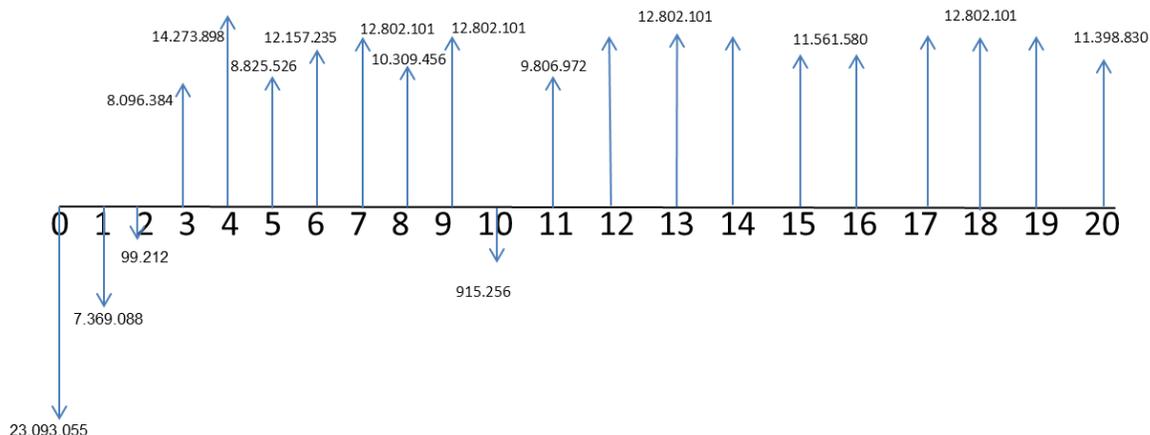


Gráfico N° 3: Flujo de caja proyectado
Fuente: Propia

6.5.1 Cálculos de Valor Presente (VPN)

$$VPN = -P + \sum_1^n \frac{FNE}{(1+TMAR)^n} + \frac{VS}{(1+TMAR)^n}$$

$$VPN = -23093055 + \sum_1^{20} \frac{168931660}{(1+0,12)^{20}}$$

$$VPN = \text{USD } 32.378.617$$

6.5.2 Cálculos de Valor Anual (VA)

$$VA = VPN * (A/P, 12\%, 20)$$

$$VA = 32380617 * 0,13388$$

$$VA = \text{USD } 4.335.117$$

6.5.3 Cálculos de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

i %	VP
23	634.035,00
X	0
24	-941.176,92

Tabla N°18: Valores para la interpolación de la TIR
Fuente: Propia

TIR= 22,8%

De acuerdo a los resultados de Valor Presente, Valor Anual y Tasa Interna de Retorno de la propuesta evaluada se define que:

Como los flujos monetarios que se están manejando en el proyecto, específicamente los ingresos netos permiten recuperar la inversión inicial, cubrir la tasa de descuento que es el rendimiento que esperan obtener los inversionistas y además se obtiene una ganancia como beneficio económico que es un VP: USD 32.378.617 y una tasa interna de retorno de TIR: 22,8% anual, por lo tanto, la propuesta del nuevo sistema de almacenamiento de lodo rojo es factible y rentable.

6.6 Impacto ambiental

Es importante resaltar que la construcción del nuevo sistema implica la materialización de impactos ambientales y sociales de baja a moderada significancia ambiental, debido al método constructivo a ser utilizado, a la construcción progresiva de las celdas de secado, la alta eficiencia del sistema de control de emisiones fugitivas, al grado de afectación que ya presenta el área y la modernidad de la tecnología de disposición a ser utilizada. Por lo que, con el nuevo sistema:

- ✓ Se minimiza el potencial de filtraciones a las aguas subterráneas y subsuelo debido a la reducción del cabezal hidráulico.
- ✓ Se minimiza significativamente la posibilidad de contaminación de las aguas superficiales (río Orinoco y lagunas rebalseras) al reducirse el área de las aguas abiertas contaminadas (espejo de agua libre).
- ✓ Se eliminan los riesgos ambientales y de salud asociados a la existencia de un gran sistema lagunar lleno de licor o agua caustica.
- ✓ Los nuevos depósitos para deposición de lodo en seco (DLS), serán dotados de drenajes y sub-drenajes que garantizarán el pronto desagüe y se construirán impermeabilizando la superficie de asiento con lo que se evitara el contacto del lodo con los terrenos naturales disminuyendo el riesgo de contaminación por filtraciones de líquidos cáusticos al subsuelo.
- ✓ Se reduce la vulnerabilidad del sistema a los eventos meteorológicos, particularmente las precipitaciones y crecidas extraordinarias del Río Orinoco y su sistema lagunar natural.
- ✓ Facilita el monitoreo de la calidad de los líquidos que transitan por los sistemas de drenaje para detectar oportunamente la posibilidad de que estén ocurriendo fallas en el sistema de sub-drenajes para implementar las medidas correctivas correspondientes.
- ✓ Facilita la rápida estabilización de las áreas de almacenamiento y su eventual recuperación ambiental.

Así mismo puede causar impactos negativos tales como:

- ✓ Deterioro de la calidad del aire por la generación de emisiones fugitivas.

Este impacto se puede producir como consecuencia de las actividades de movimiento de tierra para la construcción progresiva de los diques y ataguías del nuevo sistema (actividades de excavación, carga, descarga, esparcimiento y compactación).

- ✓ Emisiones de Ruido

Producto al funcionamiento y circulación de las maquinarias pesadas, se generarán niveles de presión sonora moderados, que pueden alcanzar valores de hasta 90 dB.

- ✓ Desalojo a parte de la población de Cambalache

Debido al gran acercamiento de la población de Cambalache a los terrenos dispuestos para la elaboración del sistema lagunar, esta debe ser desalojada por seguridad y salud de la misma.

- ✓ Generación de temores a los habitantes de la comunidad de Cambalache y de Ciudad Guayana asociados a la eventual construcción de nuevas lagunas de almacenamiento de lodos rojos.

El inicio de las actividades de construcción del nuevo sistema de disposición de lodo rojo en seco, particularmente el movimiento de tierra y las deforestaciones livianas pudiera generar en las comunidades locales, medios de comunicación social, universidades, autoridades municipales y Organizaciones No Gubernamentales, entre otras, temores sobre la eventual construcción de nuevas lagunas de almacenamiento de lodo rojo o ampliación de las ya existentes con el consecuente incremento del riesgo ambiental asociado al almacenamiento de un desecho peligroso.

6.7 Filosofía de operación del nuevo Sistema de Almacenamiento de Lodo Rojo en seco (*dry stacking*).

El lodo rojo será manejado a lo largo de los DLS (depósitos lodo seco) mediante la descarga progresiva y secuencial en celdas de secado. Las dimensiones de estas celdas serán flexibles y se adaptarán para cumplir con requerimientos operativos del sistema. Se prevé que tendrán unas dimensiones aproximadas de ciento cincuenta (150) metros de largo por treinta (30) metros de ancho. Se espera que el lodo descargado alcance de 0.3 a 0.5 metros de espesor y un ángulo de deposición de 4% a lo largo de las celdas.

Cuando un compartimiento de secado se llene, éste se dejará secar por efecto de la acción combinada de la evaporación, percolación de los líquidos del lodo y drenaje rápido de las escorrentías pluviales. Durante este período, el lodo se descargará progresivamente en otros compartimientos de secado. Se llevará un riguroso control de la fecha de descarga y de la consolidación del lodo en cada celda.

El control del espesor de la capa de lodo se hará mediante la colocación de estacas graduadas a lo largo de cada compartimiento.

El tiempo de secado será mejorado con la remoción mecánica de la capa de lodo utilizando un equipo mecánico llamado anfirol (rompe costra).

La secuencia de llenado continúa mediante la descarga de lodo en sucesivas celdas de secado, hasta que la descarga retorna a la celda inicial y el ciclo se repite sobre la superficie de la capa consolidada de lodo. El tiempo de secado y espesor del lodo depositado señalan la superficie requerida para efectuar el manejo de la deposición y se estima que los ciclos de secado

tendrán una productividad aproximada de 18.000 toneladas de sólidos/hectáreas/año.

El lodo será transportado al área de deposición a través de tuberías y el punto de entrada a los sectores de cada compartimiento de secado será controlado mediante válvulas. Se estima, de acuerdo a la experiencia de la Gerencia Manejo de Lodo, que un cañón de descarga pueda alimentar de tres (3) a cuatro (4) compartimientos.

Se espera que mediante la aplicación de esta técnica de apilado en seco del lodo, este pueda alcanzar concentraciones finales en el orden de 69 % ó más.

El programa de llenado de celdas se inicia con la descarga de lodo el día 0 en la celda 1, entonces para un $T_{ciclo} = 20$ días, se tendrá que esperar hasta el día 21 para descargar una nueva capa de lodo en ella, por supuesto que la capa colocada, ya estará consolidada y tendrá un espesor de unos 12 cm.

Para la producción de un día, esto es 3.398 t de lodo, descargado a 700 g/l ocuparían un volumen 4.862 m^3 , si el espesor de las capas se fija en 30 centímetros se requiere para cada día un área de 1.62 ha. Como resultado de lo anterior, el sistema DLS requerirá de $20 \text{ días} * 1.62 \text{ ha/día} = 32.4 \text{ ha}$, área efectiva disponible para operar todos los días. Se puede notar la superficie requerida es compensada con los depósitos DLS1 y DLS2, contando con área adicional como factor de seguridad, sobre todo para los meses de invierno.

Una vez descargada una capa de lodo, se esperara de seis (6) a ocho (8) días para realizar trabajos de remoción de costra y así incentivar el secado y la consolidación de la capa.

6.8 Plan de adecuación ambiental del nuevo sistema de almacenamiento de lodo

Este plan tiene por objetivo definir las etapas de arranque del sistema DLS, estructurando cada etapa según sea requerida para alcanzar una vida útil de veinte (20) años. Todo esto satisfaciendo la normativa ambiental y la buena práctica de la ingeniería (ver gráfico N° 4).

Para el logro de los objetivos, se han definido una serie de parámetros y requisitos que deben ser alcanzados en el corto plazo, además de restricciones que se deben respetar. A continuación se listan estas premisas:

- ❖ Producción de alúmina 2.000.000 t/año.
- ❖ Producción de lodo 1.240.000 t/año, a razón de 0.62 por tonelada de alúmina.
- ❖ Respetar un margen de seguridad para almacenamiento de sólidos, asumido en dos meses de operación.
- ❖ El lodo se descargará a 700 gpl (47 % w/w ó 1480 kg/m³), de concentración de sólidos de forma regular, aunque se estará generando a 750 gpl.
- ❖ Para depositar una nueva capa de lodo en una celda, se esperará que el lodo depositado se consolide a por lo menos 1200 gpl (65 % w/w) 1835 kg/m³.
- ❖ Se utilizarán equipos rompe costra para incentivar el secado.
- ❖ Se asume que el lodo alcanzará una consolidación en los depósitos de 1300 gpl (69 % w/w) 1890 kg/m³.
- ❖ La pendiente alcanzada por el lodo al depositarse debe ser aproximadamente 4%.
- ❖ Para cada proyecto o fase de proyecto se presentará el balance de líquidos asociado.

- ❖ Se estima ejecutar por lo menos cinco (5) elevaciones de los depósitos antes de su clausura, los diques se elevaran por el método conocido como “elevación aguas arriba”.

6.7.1 Fase 1, Obras preparatorias y primera elevación del depósito DLS1:

Se divide en las siguientes etapas:

DLS1, etapas 1 y 2:

Este depósito se ubicará al sur de la existente laguna 3c. Constituyen las etapas de fundación, donde se deben preparar los terrenos vírgenes.

La etapa 1 ocupará un área de 14 ha y la etapa 2 un área de 23 ha, que serán adecuadas mediante la descarga de lodo por procedimientos de almacenamiento en seco, esto dejando consolidar adecuadamente el lodo antes de descargar una nueva capa.

Dada que en esta etapa se depositará sobre topografía virgen con pendientes variables, será de exigentes y estrictas condiciones de operación para poder optimizar el área disponible, esto se definirá en la filosofía de operación.

La contribución de estas etapas a la vida útil del sistema es escasa (aproximadamente 3 y 6 meses respectivamente) en cuanto a tiempo de almacenamiento; sin embargo, como las bases del edificio, permitirán la construcción vertical de nuevas etapas con vida útil considerable.

DLS1, etapa 3:

Constituye la primera elevación del DLS1, donde se deben realizar elevaciones de los diques perimetrales para aumento de capacidad de almacenamiento.

La etapa 3 ocupará un área total de 37 ha, por lo que integrara las etapas precedentes en un solo deposito, en esta etapa no se prepararan áreas nuevas.

Dado que en esta etapa se depositará sobre topografía modificada por las etapas anteriores, las condiciones de operación ya estarán normalizadas en cuanto a pendiente, esto se definirá en la filosofía de operación.

En esta etapa se iniciará el riego de los depósitos con liquido provenientes de las lagunas de relaves.

La vida útil de esta etapa se calcula en aproximadamente 22 meses, según la Gerencia Manejo de Lodo.

6.7.2 Fase 2, obras preparatorias del depósito DLS 2:

DLS2, etapas 1 y 2:

Este depósito se ubicará al sur del estanque L.

Al igual que en el DSL1, estas etapas constituyen la fase de fundación del DLS2, donde se deben preparar los terrenos vírgenes.

La etapa 1 ocupará un área de 28 ha y la etapa 2 un área de 17 ha, que serán adecuadas mediante la descarga de lodo por procedimientos de almacenamiento en seco, esto dejando consolidar adecuadamente el lodo antes de descargar una nueva capa.

Como DLS1, en estas etapas se depositará lodo sobre topografía virgen con pendientes variables, será de exigentes y estrictas condiciones de operación para poder optimizar el área disponible, esto se definirá en la filosofía de operación.

Se incluirá en la etapa en la etapa 2 de este depósito, las obras necesarias para lograr un espejo de líquidos adicional de 30 hectáreas sobre las lagunas 3b ó 3c.

La contribución de estas etapas a la vida útil del sistema es escasa (aproximadamente 15 y 9 meses respectivamente) en cuanto a tiempo de almacenamiento, sin embargo, permitirán la construcción vertical de nuevas etapas con vida útil considerable.

6.7.3 Fase 3, elevación de los depósitos:

DLS1, etapa 4:

Constituye una segunda elevación del DLS1, donde se deben realizar elevaciones de los diques perimetrales para aumento de capacidad de almacenamiento.

La etapa 4 ocupará un área total de 37 ha, será necesaria la preparación de áreas nuevas para suplir la pérdida de superficie derivada de la elevación aguas arriba de los diques perimetrales.

La vida útil de esta etapa se calcula en aproximadamente 22 meses, según la Gerencia Manejo de Lodo.

DLS2, etapa 3:

Constituye la primera elevación del DLS2, donde se deben realizar elevaciones de los diques perimetrales para aumento de capacidad de almacenamiento.

La etapa 3 ocupará un área total de 45 ha, por lo que integrará las etapas precedentes en un solo depósito, en esta etapa no se prepararan áreas nuevas.

Dado que en esta etapa se depositará sobre topografía modificada por las etapas anteriores, las condiciones de operación ya estarán normalizadas en cuanto a pendiente, esto se definirá en la filosofía de operación.

En esta etapa se iniciará el riego de los depósitos con liquido provenientes de las lagunas de relaves.

6.7.4 Fase 4, elevaciones sucesivas de los depósitos:

DLS1, etapas 5 y 6:

Constituye las siguientes elevaciones del DLS1, donde se deben realizar elevaciones de los diques perimetrales para aumento de capacidad de almacenamiento.

La etapa 3 ocupará un área total de 37 ha, será necesaria la preparación de áreas nuevas para suplir la pérdida de superficie derivada de la elevación aguas arriba de los diques perimetrales.

La vida útil de cada etapa se calcula en aproximadamente 22 meses, según la Gerencia Manejo de Lodo.

DLS2, etapa 4, 5 y 6:

Constituye las siguientes elevaciones del DLS2, donde se deben realizar elevaciones de los diques perimetrales para aumento de capacidad de almacenamiento.

La etapa 3 ocupará un área total de 45 ha, será necesaria la preparación áreas nuevas para suplir la pérdida de superficie derivada de la elevación aguas arriba de los diques perimetrales.

La vida útil de cada etapa se calcula en aproximadamente 28 meses, según la Gerencia Manejo de Lodo.

6.8 Sistema de Riego sobre los DLS.

Como el objetivo fundamental de los depósitos DLS, es el secado del lodo, existiría la posibilidad de que el viento produzca arrastres de partículas con efectos negativos en el aire y en el medio ambiente circundante. Para evitar esta posibilidad, además de mantener una rotación de descarga óptima de

las celdas del DLS, se dotará de un sistema de riego que permita mantener húmeda la superficie de los depósitos.

Es viable que se utilice líquido de las lagunas o de la escorrentía de los depósitos para el riego, pues sería una salida importante en el balance de líquidos, por esa razón, se ha definido un sistema de riego de baja altura para evitar la posibilidad de arrastre de líquido.

Por este concepto se estima que un 30% del área del sistema DLS, contribuya a la evaporación de agua de laguna, teniéndose entonces que un caudal de 50 m³/h ($Q_{evap. \text{ riego}} = 82 \text{ ha} * 0.3 * 2.234 \text{ m año} * 0.8 / 365 \text{ días} / 24 \text{ h} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$).

6.9 Requisitos especiales.

Es de suma importancia que la suspensión de lodo sea descargada a concentraciones de sólido superiores a 700 gpl, para garantizar el buen desempeño de los DLS. Por esa razón se contará con sistemas de preparación de polímeros y de bombeo redundantes. En el caso de problemas en la planta industrial para producir estas concentraciones, se contará con una alternativa para colocar el lodo menos denso por espacios cortos de tiempo mientras se resuelven los problemas.

En la laguna 3c se dispondrá de un sector para alojar lodo a concentraciones inferiores a 700 gpl, el cual se tratará como DLS ya que al ser un depósito de poco uso el lodo tendrá tiempo para consolidarse.

6.10 Clausura de los Depósitos.

Durante las operaciones de deposición de lodo en seco, se irán reforestando los taludes de los diques y los depósitos que ya hayan alcanzado su vida útil.

Para la clausura de los depósitos se procederá de la siguiente manera:

- ❖ Una vez consolidada la última capa de lodo se dejará secar por lo menos a 1300 gpl (contenido de humedad natural de 47%) de concentración de sólidos y se colocará sobre esta una capa de arena roja y se conformará.
- ❖ Posteriormente se colocará una capa de membrana geosintética de por lo menos 1000 micras de espesor.
- ❖ Sobre la membrana se colocara una capa de arena lavada de 10 cm y luego una capa de unos 40 cm de suelo natural (el material de la capa vegetal que fue acopiada al inicio de la construcción de los depósitos)
- ❖ Seguidamente se esparcirá semilla de gramínea comercial y se regará con camión cisterna diariamente por un mes.
- ❖ Como última actividad se realizaran los trabajos necesarios para desviar la esorrentía superficial del depósito clausurado y reforestado hacia las lagunas naturales.

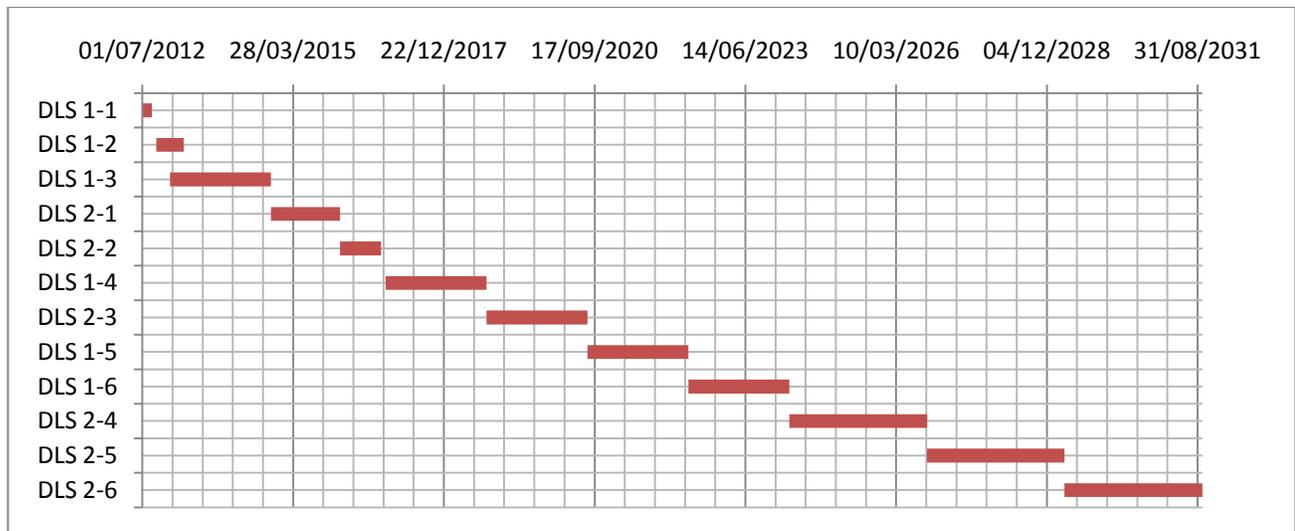


Gráfico N° 4: Plan de adecuación ambiental del nuevo sistema de almacenamiento de lodo
Fuente: Propia

A continuación se muestra una tabla comparativa del sistema de almacenamiento de lodo actual y el nuevo (ver tabla N°19).

SISTEMA ACTUAL	NUEVO SISTEMA
Alto riesgo de no poder mantener la continuidad operativa de la Planta	Garantiza la continuidad operativa de la planta a largo plazo
Reduce las áreas disponibles para aumentar la capacidad de almacenamiento de las lagunas de lodo rojo	Incrementa la capacidad de almacenamiento de los residuos de lodo
Altas pérdidas de soda caustica	Permite retornar a la Planta insumos valiosos como soda caustica y aluminatos.
Altos riesgos ambientales y de salud asociados a la existencia de un gran sistema lagunar lleno de licor	Se eliminan los riesgos ambientales y de salud.
Incumplimiento de las exigencias establecidas en la normativa ambiental vigente.	Oportuno y cabal cumplimiento de las exigencias establecidas en la normativa ambiental vigente aplicables al manejo de desechos peligrosos

Tabla N°19: Comparación del sistema de almacenamiento de lodo actual y el nuevo
Fuente: Propia.

Se considera que ese sistema de disposición final constituye la tendencia tecnológica a nivel mundial de la industria de procesamiento de la bauxita y presenta numerosas ventajas operativas, ambientales, sociales y económicas con respecto al método actual antes descrito.

CONCLUSIONES

Después de realizar la evaluación del proyecto “Implementación del nuevo Sistema de Almacenamiento de Lodo y, adecuación ambiental del existente” en CVG Bauxilum, se concluyó lo siguiente:

1. Las lagunas actuales están llegando a los límites de seguridad, representando un riesgo, tanto para la seguridad y salud de los trabajadores como para el ambiente.
2. Los niveles de producción son bajos debido al poco espacio de almacenamiento, lo que se traduce en pérdidas para la empresa.
3. Se realizó un estudio técnico para el nuevo sistema de almacenamiento de lodo dando como resultado la compra de maquinarias y equipos bielorrusos para la construcción y operación del mismo, siendo factible la implementación ya que su desarrollo representaría mayores ventajas y beneficios desde el punto de vista tecnológico, debido a que se implementará una metodología de deposición más eficiente.
4. El nuevo sistema lagunar estará ubicado dentro de la propia empresa en un espacio de 82Ha especial para este fin.
5. La evaluación económica del escenario escogido arrojaron los siguientes indicadores $VP= \text{USD } 32.378.617$, $VA= \text{USD } 4.335.117$ y una $TIR= 22,8\%$ anual. Al obtener un valor presente mayor a cero el proyecto es aceptable, además de una tasa interna de retorno mayor a 12% que es la utilizada por la empresa.

6. El análisis de impacto ambiental arroja una gran disminución de afectación al ambiente debido a que el nuevo sistema cuenta con alta tecnología para depositar y controlar el lodo, evitando contaminación hacia los suelos y río Orinoco.
7. Se elaboró un plan de adecuación ambiental dividido en fases, el cual garantiza una vida útil del nuevo sistema lagunar de 20 años.
8. El proyecto cumple con todos los requerimientos establecidos en la normativa legal vigente en materia ambiental, durante todas sus fases.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados y conclusiones obtenidas durante la evaluación del proyecto se recomienda lo siguiente:

1. Se recomienda la ejecución del proyecto ya que el valor que presenta es mayor que cero, además se obtuvo una Tasa Interna de Retorno de 23% lo cual se traduce en la factibilidad del proyecto.
2. Determinar una estructura de costos más detallada del escenario desarrollo en este trabajo para visualizar con exactitud cuál es el costo exacto para la inversión.
3. Desarrollar planes de mantenimiento, rutinarios y preventivos para los equipos y maquinarias que se utilizarán en el proyecto con la finalidad de que los equipos trabajen de manera continua y así garantizar su vida útil.
4. Seleccionar proveedores que garanticen el suministro oportuno de repuestos e insumos, con la finalidad de asegurar la operatividad y el mantenimiento de los equipos con un alto nivel de eficiencia.
5. Dar a conocer a la comunidad el proyecto de implementación del nuevo sistema de almacenamiento para despejar cualquier tipo de inquietud sobre el mismo.
6. Realizar monitoreo ambiental periódicamente, por parte de la empresa y el Ministerio del Popular para el Ambiente para analizar las posibles afecciones a las lagunas naturales y el río Orinoco.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, A. (2008). Formulación y evaluación de proyectos. (7^{ma} Ed). Caracas: Texto C.A
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela
- C.V.G BAUXILUM (2012) SDI (Sistema de Documentación Interna).
- C.V.G BAUXILUM (2012) Sistema Repositorio de Documentos.
- Guigni, L; Ettidgui, C; Gonzalez. I; Guerra V. (1995). Evaluación de proyectos de inversión. (1ra ed). Universidad de Carabobo. Valencia.
- Manual de Operaciones Desecho de Lodo Rojo.
- Hernández, G. (2008). Factibilidad del Proyecto Sistema de Deslicorización de Hidrato Producto. Trabajo de grado de especialización [Documento digital]. Ciudad Guayana: Universidad Católica Andrés Bello.
- Morales, Y. (2008). Diseño de un plan para el manejo de los residuos y desechos peligrosos de una empresa productora de alúmina. UCAB. Puerto Ordaz, Venezuela. Pág. 20.
- Narvaez, R. (1997). Orientaciones prácticas para la elaboración de informes de investigación. Segunda edición. Puerto Ordaz.
- Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos.
- Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos.
- Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica.
- Normas sobre el Control de la Contaminación Generada por el Ruido.
- Palacios, L. (2007). *Gerencia de Proyectos "Un Enfoque Latino"*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.

ANEXOS

Anexo N° 1: Tabla de flujo de efectivo discreto, factores de interés compuesto 12%

12%		TABLA 17 Flujo de efectivo discreto: Factores de interés compuesto					12%	
n	Pagos únicos		Pagos de serie uniforme				Gradientes aritméticos	
	Cantidad compuesta F/P	Valor presente P/F	Factor de amortización A/F	Cantidad compuesta F/A	Recuperación de capital A/P	Valor presente P/A	Gradiente de valor presente P/G	Gradiente de serie anual A/G
1	1.1200	0.8929	1.00000	1.0000	1.12000	0.8929		
2	1.2544	0.7972	0.47170	2.1200	0.59170	1.6901	0.7972	0.4717
3	1.4049	0.7118	0.29635	3.3744	0.41635	2.4018	2.2208	0.9246
4	1.5735	0.6355	0.20923	4.7793	0.32923	3.0373	4.1273	1.3589
5	1.7623	0.5674	0.15741	6.3528	0.27741	3.6048	6.3970	1.7746
6	1.9738	0.5066	0.12323	8.1152	0.24323	4.1114	8.9302	2.1720
7	2.2107	0.4523	0.09912	10.0890	0.21912	4.5638	11.6443	2.5512
8	2.4760	0.4039	0.08130	12.2997	0.20130	4.9676	14.4714	2.9131
9	2.7731	0.3606	0.06768	14.7757	0.18768	5.3282	17.3563	3.2574
10	3.1058	0.3220	0.05698	17.5487	0.17698	5.6502	20.2541	3.5847
11	3.4785	0.2875	0.04842	20.6546	0.16842	5.9377	23.1288	3.8953
12	3.8960	0.2567	0.04144	24.1331	0.16144	6.1944	25.9523	4.1897
13	4.3635	0.2292	0.03568	28.0291	0.15568	6.4235	28.7024	4.4683
14	4.8871	0.2046	0.03087	32.3926	0.15087	6.6282	31.3624	4.7317
15	5.4736	0.1827	0.02682	37.2797	0.14682	6.8109	33.9202	4.9803
16	6.1304	0.1631	0.02339	42.7533	0.14339	6.9740	36.3670	5.2147
17	6.8660	0.1456	0.02046	48.8837	0.14046	7.1196	38.6973	5.4353
18	7.6900	0.1300	0.01794	55.7497	0.13794	7.2497	40.9080	5.6427
19	8.6128	0.1161	0.01576	63.4397	0.13576	7.3658	42.9979	5.8375
20	9.6463	0.1037	0.01388	72.0524	0.13388	7.4694	44.9676	6.0202
21	10.8038	0.0926	0.01224	81.6987	0.13224	7.5620	46.8188	6.1913
22	12.1003	0.0826	0.01081	92.5026	0.13081	7.6446	48.5543	6.3514
23	13.5523	0.0738	0.00956	104.6029	0.12956	7.7184	50.1776	6.5010
24	15.1786	0.0659	0.00846	118.1552	0.12846	7.7843	51.6929	6.6406
25	17.0001	0.0588	0.00750	133.3339	0.12750	7.8431	53.1046	6.7708
26	19.0401	0.0525	0.00665	150.3339	0.12665	7.8957	54.4177	6.8921
27	21.3249	0.0469	0.00590	169.3740	0.12590	7.9426	55.6369	7.0049
28	23.8839	0.0419	0.00524	190.6989	0.12524	7.9844	56.7674	7.1098
29	26.7499	0.0374	0.00466	214.5828	0.12466	8.0218	57.8141	7.2071
30	29.9599	0.0334	0.00414	241.3327	0.12414	8.0552	58.7821	7.2974
31	33.5551	0.0298	0.00369	271.2926	0.12369	8.0850	59.6761	7.3811
32	37.5817	0.0266	0.00328	304.8477	0.12328	8.1116	60.5010	7.4586
33	42.0915	0.0238	0.00292	342.4294	0.12292	8.1354	61.2612	7.5302
34	47.1425	0.0212	0.00260	384.5210	0.12260	8.1566	61.9612	7.5965
35	52.7996	0.0189	0.00232	431.6635	0.12232	8.1755	62.6052	7.6577
40	93.0510	0.0107	0.00130	767.0914	0.12130	8.2438	65.1159	7.8988
45	163.9876	0.0061	0.00074	1358.23	0.12074	8.2825	66.7342	8.0572
50	289.0022	0.0035	0.00042	2400.02	0.12042	8.3045	67.7624	8.1597
55	509.3206	0.0020	0.00024	4236.01	0.12024	8.3170	68.4082	8.2251
60	897.5969	0.0011	0.00013	7471.64	0.12013	8.3240	68.8100	8.2664
65	1581.87	0.0006	0.00008	13174	0.12008	8.3281	69.0581	8.2922
70	2787.80	0.0004	0.00004	23223	0.12004	8.3303	69.2103	8.3082
75	4913.06	0.0002	0.00002	40934	0.12002	8.3316	69.3031	8.3181
80	8658.48	0.0001	0.00001	72146	0.12001	8.3324	69.3594	8.3241
85	15259	0.0001	0.00001		0.12001	8.3328	69.3935	8.3278

Anexo N° 2: Costo de nacionalización bomba GEHO

COSTOS DE NACIONALIZACION BOMBA GEHO		
DESCRIPCION	BOMBA GEHO	
VALOR FOB : DOLARES		3.732.400
VALOR FOB : Bs.		16.049.320
FLETE		12.040
SEGURO : 0,288 % / FOB		46.222
TOTAL VALOR CIF		16.107.582
DERECHOS DE IMPORTACION		
IMPUESTOS DE IMPORTACION	5 % / CIF	805.379
TASA ADUANAL	1 % / CIF	161.076
TIMBRE FISCAL		16
TOTAL DERECHOS DE IMPORTACION		966.471
TRASLADO		
TRASLADO (1%) CIF		161.076
IVA: 12%/ CIF + DERECHOS DE IMPORTACION+TRASLADO		3.060.457
TOTAL COSTO BOMBA GEHO (Bs)		19.168.039

Anexo N° 3: Costos de nacionalización equipo rompe costra

COSTOS DE NACIONALIZACION EQUIPO ROMPE COSTRA		
DESCRIPCION	ROMPE COSTRA	
VALOR FOB : DOLARES		1.578.855,00
VALOR FOB : Bs.		6.789.076,50
FLETE		12.040,00
SEGURO : 0,288 % / FOB		19.552,54
TOTAL VALOR CIF		6.820.669,04
DERECHOS DE IMPORTACION		
IMPUESTOS DE IMPORTACION	5 % / CIF	341.033,45
TASA ADUANAL	1 % / CIF	68.206,69
TIMBRE FISCAL		16,25
TOTAL DERECHOS DE IMPORTACION		409.256,39
TRASLADO		
TRASLADO (1%) CIF		68.206,69
IVA: 12%/ CIF + DERECHOS DE IMPORTACION+TRASLADO		1.295.943,37
TOTAL COSTO EQUIPO ROMPECOSTRA (Bs)		8.116.612,41

Anexo N° 4: Población de Cambalache

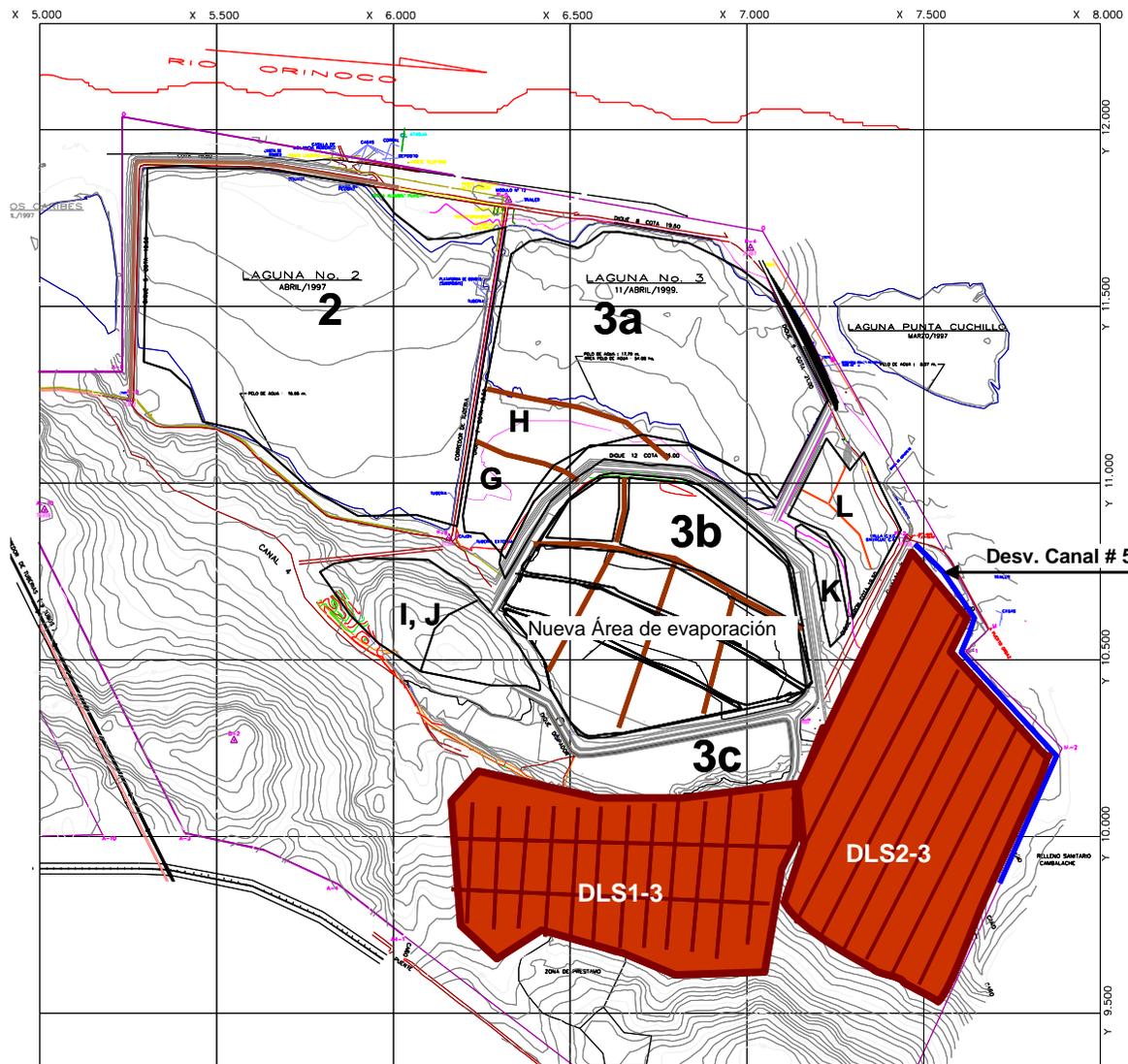


Anexo N° 5: Sistema lagunar actual



Anexo N° 7: Sistema DLS, etapa 3

Sistema DLS, etapa 3



APÉNDICE

Apéndice N° 1: Resumen de inversiones

RESUMEN DE INVERSIONES			
Año	Descripción	Monto (Bs)	Monto (US\$)
2012	Equipos para construcción y operación. Modulo de servicio y area de taller.	58.984.636	13.717.357
	Adquisición y montaje de bomba GEHO	22.377.903	5.204.163
	Unidad de Polímeros	17.937.600	4.171.535
Total		99.300.138	23.093.055
Año	Descripción	Monto (Bs)	Monto (US\$)
2021	Equipos para construcción y operación. Modulo de servicio y area de taller.	58.984.636	13.717.357
Total		58.984.636	13.717.357

Apéndice N° 2: Producción años anteriores

Promedio año	Alúmina (t/mes)	Lodo a laguna (m ³ /h)
2009	114.668	312,90
2010	103.659	245,35
2011	101.847	247,60

Apéndice N° 3: Pérdida de Alúmina

Pérdida de Alúmina							
Periodo	Caudal de suspensión de lodo rojo (m³/h)	Alúmina (t/mes)	Mes	Acumulado	Incremento Costo Unitario de Producción (US\$/t)	Total Ahorros (US\$./mes)	Total Ahorros (US\$./año)
1	07/12	31	248	101.847			
2	08/12	31	248	101.847			
3	09/12	30	248	101.847			
4	10/12	31	248	101.847			
5	11/12	30	248	101.847			
6	12/12	31	248	101.847			
7	01/13	31	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
8	02/13	28	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
9	03/13	31	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
10	04/13	30	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
11	05/13	31	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
12	06/13	30	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
13	07/13	31	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
14	08/13	31	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
15	09/13	30	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
16	10/13	31	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
17	11/13	30	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
18	12/13	31	186	91.922	-9.925	63,39	629.177
19	01/14	31	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
20	02/14	28	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
21	03/14	31	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
22	04/14	30	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
23	05/14	31	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
24	06/14	30	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
25	07/14	31	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
26	08/14	31	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
27	09/14	30	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
28	10/14	31	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
29	11/14	30	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
30	12/14	31	139	83.634	-18.213	63,39	1.154.575
31	01/15	31	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
32	02/15	28	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
33	03/15	31	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
34	04/15	30	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
35	05/15	31	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
36	06/15	30	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
37	07/15	31	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
38	08/15	31	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
39	09/15	30	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
40	10/15	31	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
41	11/15	30	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
42	12/15	31	104	77.418	-24.429	63,39	1.548.623
43	01/16	31	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
44	02/16	28	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
45	03/16	31	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
46	04/16	30	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
47	05/16	31	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
48	06/16	30	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
49	07/16	31	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
50	08/16	31	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
51	09/16	30	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
52	10/16	31	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
53	11/16	30	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
54	12/16	31	78	72.755	-29.092	63,39	1.844.159
55	01/17	31	59	69.259	-32.588	63,39	2.065.811
56	02/17	29	59	69.259	-32.588	63,39	2.065.811
57	03/17	31	59	69.259	-32.588	63,39	2.065.811
58	04/17	30	59	69.259	-32.588	63,39	2.065.811
59	05/17	31	59	69.259	-32.588	63,39	2.065.811
60	06/17	30	59	69.259	-32.588	63,39	2.065.811
61	07/17	31	59	69.259	-32.588	63,39	2.065.811
62	08/17	31	59	69.259	-32.588	63,39	2.065.811
63	09/17	30	59	69.259	-32.588	63,39	2.065.811
64	10/17	31	59	69.259	-32.588	63,39	2.065.811
Total				-1.305.797			
Promedio pérdidas (t/mes)				-22.514		82.776.521,48	82.776.521,48

Apéndice N° 4: Incremento costo unitario por disminución de escala de producción

INCREMENTO COSTO UNITARIO POR DISMINUCIÓN EN LA ESCALA DE PRODUCCIÓN						
DESCRIPCIÓN	COSTO 2011 (US\$/t)			ESCENARIO (US\$/t)		
	VAR.	FIJO	TOTAL	VAR.	FIJO	TOTAL
PRODUCCIÓN (t)	1.160.256			957.632		
COSTO VARIABLE	193,79		193,79	193,79		193,79
COSTO FIJO		299,60	299,60		362,99	362,99
COSTO DE PRODUCCIÓN			493,39			556,78
DIFERENCIA COSTO PRODUCCIÓN (US\$/t)			63,39			
Promedio pérdidas (t/mes)	-22,514					
Promedio pérdidas (t/año)	-270.164,96					
Factor de Ajuste	0,75					
Promedio pérdidas ajustado (t/año)	-202.623,72					

Apéndice N° 5: Dimensionamiento mano de obra

DIMENSIONAMIENTO MANO DE OBRA- JORNADA LUNES A VIERNES PARA OPERACIÓN					
Descripción	Cantidad	semana- máqui/año- equipo	Horas- máqui./día- equipo	días/semana	hrs/año
Tractor sobre orugas, potencia 410 hp/306 kw	1	52	7	5	1.825,00
Tractor sobre orugas, potencia 145 hp/108 kw	1	52	7	5	1.825,00
Motoniveladora potencia 165 hp/123 kw	1	52	7	5	1.825,00
Cargador Frontal de ruedas, potencia 216 hp/181 kw	1	52	7	5	1.825,00
Retroexcavadora Potencia 89 hp/66 kw	1	52	7	5	1.825,00
Rodillo liso potencia 150 hp/112 kw	1	42	7	5	1.460,00
Camión Volteo 20 m ³	4	52	7	5	7.300,00
Camión Volteo 10 m ³	4	52	7	5	7.300,00
Camión Cisterna 15 m ³	1	52	7	5	1.825,00
Compactador pata de cabra, potencia 240 hp/179 kw	1	42	7	5	1.460,00
Excavadora hidráulica sobre oruga. Balde de 30", oruga de 28", potencia 110 hp/82 kw	2	52	7	5	3.640,00
Total	18				32.110,00

Apéndice N° 6: Dimensionamiento mano de obra

DIMENSIONAMIENTO MANO DE OBRA- JORNADA LUNES A VIERNES PARA CONSTRUCCIÓN					
Descripción	Cantidad	semana- máqui/año- equipo	Horas- máqui./día- equipo	días/semana	hrs/año
Tractor sobre orugas, potencia 410 hp/306 kw	1	52	7	5	1.825,00
Tractor sobre orugas, potencia 145 hp/108 kw	1	52	7	5	1.825,00
Motoniveladora potencia 165 hp/123 kw	1	52	7	5	1.825,00
Cargador Frontal de ruedas, potencia 400 hp/2941 kw	1	52	7	5	1.820,00
Cargador Frontal de ruedas, potencia 216 hp/181 kw	1	52	7	5	1.825,00
Retroexcavadora Potencia 89 hp/66 kw	1	52	7	5	1.825,00
Rodillo liso potencia 150 hp/112 kw	1	52	7	5	1.825,00
Camión Volteo 18 m ³	8	52	7	5	14.600,00
Camión Volteo 10 m ³	6	52	7	5	10.950,00
Camión Cisterna 15 m ³	1	52	7	5	1.825,00
Compactador pata de cabra, potencia 240 hp/179 kw	1	52	7	5	1.825,00
Camión de Servicio	1	52	7	5	1.825,00
Camión 350 con plataforma	1	52	7	5	1.825,00
Camión Roquero Articulado 30 ton	4	52	7	5	7.300,00
Total	29				52.920,00

Apéndice N° 7: Tolerancias

HOJAS DE TOLERANCIAS					GCIA. ING. IND.		
CARGO : OPERADOR EQUIPO PESADO					PAG. 01		
					DE 01		
I.- FACTORES DE FATIGA		GRADO DE FACTORES (MARQUE CON UNA X)					
TIPO	DENOMINACION	1	2	3	4		
A	CONDICIONES DE TRABAJO						
	1.- TEMPERATURA	5 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	15 <input checked="" type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>		
	2.- CONDICIONES AMBIENTALES	5 <input type="checkbox"/>	10 <input checked="" type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>		
	3.- HUMEDAD	5 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	15 <input checked="" type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>		
	4.- NIVEL DE RUIDO	5 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	20 <input checked="" type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>		
	5.- ILUMINACION	5 <input checked="" type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	15 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>		
B	REPETITIVIDAD						
	1.- DURACION DEL TRABAJO	20 <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>	60 <input checked="" type="checkbox"/>	80 <input type="checkbox"/>		
	2.- REPETICION DEL CICLO	20 <input type="checkbox"/>	40 <input checked="" type="checkbox"/>	60 <input type="checkbox"/>	80 <input type="checkbox"/>		
	3.- ESFUERZO FISICO	20 <input checked="" type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>	60 <input type="checkbox"/>	80 <input type="checkbox"/>		
	4.- ESFUERZO MENTAL O VISUAL	10 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input checked="" type="checkbox"/>	50 <input type="checkbox"/>		
C	POSICION DE TRABAJO						
	1.- PARADO, SENTADO, MOVIENDOSE, ALTURA DE TRABAJO.	10 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>	40 <input checked="" type="checkbox"/>		
		TOTAL PUNTOS:		255			
		CONCESIONES POR FATIGA:		16,00%			
TABLA DE TOLERANCIAS POR FATIGA							
RANGO	%	RANGO	%	RANGO	%	RANGO	%
000-156	1	206-213	9	262-268	17	311-317	25
157-163	2	214-219	10	269-275	18	318-324	26
164-170	3	220-226	11	276-282	19	325-331	27
171-177	4	227-233	12	283-289	20	332-338	28
178-184	5	234-240	13	290-296	21	339-345	29
185-191	6	241-247	14	297-303	22	346-349	30
192-198	7	248-254	15	304-310	23	350-355	31
199-205	8	255-261	16	311-317	24	356-362	32
II.- OTRAS CONCESIONES :							
						NECESIDADES PERSONALES :	5%
						DEMORAS INEVITABLES:	0%
TOTAL PORCENTAJE POR CONCESIONES:						21%	

Apéndice N° 8: Resumen inversiones de equipos

RESUMEN INVERSIONES							
EQUIPOS							
Descripción	Cantidad	Costo (Bs./Unidad)	Total Costo (Bs.)	Factor Depreciación	Vida útil (horas)	Tiempo Utilización (horas)	Vida útil (años)
Tractor sobre orugas, potencia 145 hp/108 kw	2	935.044,25	1.870.088,49	0,00013	8.000	1.636	5
Tractor sobre orugas, potencia 410 hp/306 kw	2	3.049.068,51	6.098.137,02	0,00004	25.000	1.636	15
Motoniveladora potencia 160 hp/123 kw	2	842.800,00	1.685.600,00	0,00003	30.000	1.636	18
Cargador Frontal de ruedas, potencia 400 hp/294 kw	1	2.412.764,40	2.412.764,40	0,00020	8.000		
Cargador Frontal de ruedas, potencia 216 hp/181 kw	1	1.475.175,20	1.475.175,20	0,00013	8.000	1.636	5
Retroexcavadora Potencia 89 hp/66 kw	2	264.643,50	529.287,00	0,00020	5.000	1.636	3
Rodillo liso potencia 150 hp/112 kw	1	514.710,00	514.710,00	0,00013	8.000	818	10
Camión Volteo 20 m ³	12	1.021.250,00	12.255.000,00	0,00013	8.000	818	10
Camión Volteo 10 m ³	10	322.715,00	3.227.150,00	0,00013	8.000	818	10
Camión Cisterna 20 m ³	2	744.899,75	1.489.799,50	0,00013	8.000	818	10
Camión de Servicio	1	528.599,00	528.599,00	0,00013	8.000	818	10
Compactador pata de cabra, potencia 240 hp/179 kw	1	514.710,00	514.710,00	0,00013	8.000	409	20
Camión Articulado Potencia 272 kW/365 hp/30 ton	4	1.482.855,00	5.931.420,00	0,00013	8.000	409	20
Camión 350 con plataforma	1	597.035,01	597.035,01	0,00020	5.000	818	6
Camión Grúa 12t	1	1.285.202,28	1.285.202,28	0,00020	5.000	818	6
Excavadora hidraulica sobre oruga. Balde de 30", oruga de 28", potencia 110 hp/82 kw	2	911.256,00	1.822.512,00	0,00020	5.000	818	6
Equipo Rompecostra	1	8.116.612,41	8.116.612,41	0,00013	8.000	818	10
Total Inversión Flota	46		50.353.802,30				10