



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

***EVALUACIÓN DEL IMPACTO QUE GENERA EN LA CALIDAD DEL
PROCESO DE EXPLOTACIÓN DE MINERAL DE BAUXITA LA
VARIABILIDAD EXISTENTE ENTRE ESTE PROCESO Y EL MODELO
TEÓRICO GEOLÓGICO UTILIZADO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA
MINA UBICADA EN LOS PIJIGUAOS***

Presentado a la Universidad Católica Andrés Bello por:

Pedro Pascual Orozco Morales

Como requisito parcial para optar al título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS.

Realizado con la tutoría del profesor

Emmanuel López C

Jurado

Jorge Luis Velazco

Puerto Ordaz, Diciembre de 2007

Puerto Ordaz, 20 de Diciembre de 2007

Coordinador
Programa Gerencia de Proyectos
Dirección General de los Estudios de Postgrado
Universidad Católica Andrés Bello (UCAB)
Presente.-

Referencia: **Aprobación de Tutor**

Tengo a bien dirigirme a Usted a fin de informarle que he leído y revisado el borrador final del Trabajo Especial de Grado titulado **“EVALUACIÓN DEL IMPACTO QUE GENERA EN LA CALIDAD DEL PROCESO DE EXPLOTACIÓN DE MINERAL DE BAUXITA LA VARIABILIDAD EXISTENTE ENTRE ESTE PROCESO Y EL MODELO TEÓRICO GEOLÓGICO UTILIZADO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA MINA UBICADA EN LOS PIJIGUAOS”**, presentado por el Ing Pedro P. Orozco M., titular de la cédula de identidad N° **11.811.800**, como parte de los requisitos para optar al Título de Especialista en Gerencia de Proyectos.

A partir de dicha revisión, considero que el mencionado Trabajo Especial de Grado reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a evaluación por el distinguido Jurado que tenga(n) a bien designar.

Atentamente,

Ing Emmanuel López C.
C. I. N° 3.189.576

DEDICATORIA

A Díos por sobre todas las cosas, quien me acompañó en todo momento desde el inicio, quien fue mi guardián, protector y aliento en cada viaje realizado...

A mis padres, quienes con su sabiduría han sabido guiar y estimular mis ganas de crecer...

A mi esposa Victoria, razón de ser de mi vida y por quien deseo ser cada vez más y mejor hombre, te amo inmensamente, a ti van dedicados mis esfuerzos y logros...

A mi hija Andreina, luz que acaba de encenderse en nuestras vidas, por quien deseo ser el mejor padre del mundo, te quiero bebé...

A mis hermanos, a quienes amo y que deseo consigan logros mejores...

A mi bella familia, tíos (as), primos (as), cuñado (a) por siempre confiar en mi y en mi capacidad, gracias por estar siempre a mi lado...

A mis suegros Yajaira y Arlindo, quienes lograron brindarme apoyo incondicional en todo momento.. gracias por creer en mi...

A mis tías (os) y primas (os) Graña Arencibia, Medina Arencibia, y demás familiares, quienes siempre estuvieron muy cerca apoyándome...

A nuestra mascota Precie, quien es parte de mi familia y me acompañó en cada viaje a la universidad...

AGRADECIMIENTO

A Dios, eternamente agradecido por guiarme durante toda mi carrera...

A la empresa CVG Bauxilum, C.A, quien fue apoyo incondicional en todos los aspectos durante la carrera...

Al profesor Emmanuel Lopez, guía y orientador en la carrera y en este trabajo, quien a pesar de no compartir lo suficiente, demostró gran valor humano y sincera amistad.. gracias...

A mis compañeros (as) de aulas, en especial a Ruben, Harrisón, Douglas y Juan Carlos, equipo excelente de trabajo, a quienes estaré por siempre agradecido, la pasamos muy bien...

Al todo el profesorado y personal administrativo de la Universidad Católica Andrés Bello, quienes fueron parte del logro obtenido...

Al personal que labora en Geología y Mina en el Centro de Mina de CVG Bauxilum, C.A, por permitirme desarrollar este trabajo, sin ellos no hubiese logrado el objetivo propuesto...

Al personal supervisorio de la Gerencia de Ingeniería y Servicios, quienes de una u otra manera manifestaron su apoyo y creyeron en mi...

A Nataly, Maria Fernanda, Gabriela y Mily, quienes fueron grandes apoyos durante la carrera, a ustedes muchas gracias amigas...



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

***EVALUACIÓN DEL IMPACTO QUE GENERA EN LA CALIDAD DEL
PROCESO DE EXPLOTACIÓN DE MINERAL DE BAUXITA LA
VARIABILIDAD EXISTENTE ENTRE ESTE PROCESO Y EL MODELO
TEÓRICO GEOLÓGICO UTILIZADO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA
MINA UBICADA EN LOS PIJIGUAOS***

Autor: **Pedro Pascual Orozco Morales**

Tutor: **Emmanuel López C**

Fecha: **Diciembre de 2007**

RESUMEN

El yacimiento de la Mina Cerro Páez, donde se encuentra la Mina de Bauxita que explota CVG Bauxilum se presenta de manera bastante heterogénea, por lo que ha sido necesario hacer minería selectiva, realizando mezclas de distintos frentes que satisfagan los requerimientos del cliente en cantidad y calidad. Los resultados de análisis químicos de los sondeos geoexploratorios alimentan la base de datos del Minesight (Software para la determinación de la calidad del mineral y posterior planificación de mina) y hacen posible generar el modelo geológico que se usa para la planificación a corto, mediano y largo plazo de este centro de Mina. Aún cuando existe una planificación a partir del modelo geológico, que debe garantizar que la mezcla satisfaga los parámetros requeridos por el cliente, se toman muestras en los frentes de producción cada dos horas para llevar un control de la pila en formación. En ocasiones, los resultados de análisis químicos de estas muestras varían respecto al modelo geológico obtenido por el software, generando en consecuencia, inconvenientes en las operaciones extracción, tal como lo es la replanificación y retrabajo, lo que se traduce como un impacto en el proceso productivo. El control y seguimiento de los procesos, es un elemento de suma importancia en la ejecución de los trabajos, ya que permite verificar si todo está conforme con lo planificado. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la variabilidad existente que se genera en la calidad del mineral de bauxita luego de ser extraído con el modelo geológico utilizado durante la planificación de la mina. Aplicando métodos de control y seguimientos recomendados por el Project Management Institute (PMI), se realizó una evaluación detallada del proceso de extracción (equipos utilizados, metodología empleada para tomar la muestra, turno de trabajo) tomando como estudio el BLOQUE 3, SECTOR 4

Y BLOQUE 3, SECTOR 6 pertenecientes al frente de explotación para los meses de Junio a Septiembre de 2006, se tomó como referencia para el análisis de comparación el resultado obtenido para el frente de explotación en estudio los resultados obtenidos para cada parámetro (hierro, alúmina, sílice reactiva, sílice cuarzo) por el Software Minesight para la planificación del BLOQUE 3, SECTOR 4 Y BLOQUE 3, SECTOR 6, se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de las muestras de producción extraídas, y se evaluó la gestión de calidad y la gestión de riesgo del proyecto. Entre los resultados más relevantes, se obtuvo que la alúmina es el parámetro que presenta mayor variación, se detectaron cuatro causas de variaciones puntuales entre el modelo geológico y las muestras de producción (1. Problemas de Corte, 2. Cambios en el perfil, 3. Problemas de muestreo y 4. Cortes de la capa de arcilla), se determinó que la principal causa de la variación de los parámetros estudiados se debe a cortes por encima o por debajo de lo programado (cortes realizados con tractor), determinándose que la gestión de calidad del proyecto es altamente satisfactoria ya que cumple con lo recomendado por el PMI, más sin embargo, en cuanto a la gestión de riesgo no se obtuvo el mismo resultado. Metodológicamente el estudio se enmarco como una investigación evaluativo, bajo un diseño documental y experimental de campo.

Descriptores: Variabilidad, Modelo Teórico Geológico, Explotación, Bauxita.

Índice de Contenido

	Pág
Aprobación del Tutor	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Resumen	v
Índice General	vi
Índice de Tablas	x
Índice de Figuras	xii
Índice de Gráficos	xiii
Introducción	1
Capítulo I El Problema	2
Planteamiento del Problema	2
Justificación de la Investigación	4
Objetivos de la Investigación	5
Descripción de variables	6
Alcance y Delimitación	7
Limitaciones	7
Capítulo II Marco Teórico	8
Elementos Teórico Conceptuales:	8
Ubicación del área en estudio	8
Situación actual del yacimiento	9
Acceso a CVG Bauxilum, Los Pijiguaos	11
Clima en CVG Bauxilum, Los Pijiguaos.	12
Vegetación en CVG Bauxilum, Los Pijiguaos	12
Suelos en CVG Bauxilum, Los Pijiguaos	13
Geomorfología en CVG Bauxilum, Los Pijiguaos	14
Topografía en CVG Bauxilum, Los Pijiguaos	15
Hidrografía en CVG Bauxilum, Los Pijiguaos	16

Especificaciones de la Bauxita en Los Pijiguaos	17
Proceso productivo	17
Área de la mina	18
Área de homogenización	20
Área de almacenamiento y embarque	21
Geología nacional	22
Geología del escudo de Guayana	22
Granito de Los Pijiguaos	24
Génesis de la bauxita de Los Pijiguaos	24
Perfil Latérico del Yacimiento de Bauxita de Los Pijiguaos	26
Zona de acumulación	26
Zona de lavado	26
Zona de roca	26
Sistema de planificación minero Minesight	28
Introducción de los datos de sondeo al sistema	28
Modelo geológico	29
Secciones Verticales	30
Planificación de mina	31
Plan a largo plazo	32
Plan a mediano plazo	32
Plan a corto plazo	33
Explotación	34
Operaciones Mineras	34
Deforestación	35
Arranque	35
Carga	35
Acarreo	35
Servicios de mina	35
Flota de equipos	36
Flota de extracción	36

Flota de carga	36
Flota de acarreo	36
Flota de apoyo	37
Control de pila en formación	39
Toma de muestras en los frentes de extracción	41
Corte con pala hidráulica	41
Taludes menores a 5 m	42
Corte con tractor	43
Procesamiento físico de las muestras de producción	44
Procesamiento químico de las muestras de producción	46
Análisis de los datos	48
Análisis paramétrico	49
Análisis no paramétrico	49
Prueba H de Kruskal-Wallis para diseño de modelo aleatorio	50
Calidad del modelo utilizado para la planificación de datos	51
Manejo de la calidad	52
Gestión de la calidad de un proyecto	52
Planificación de la calidad	52
Aseguramiento de la calidad	52
Control de la calidad	53
Gestión de riesgos de un proyecto	58
Planificación de la gestión de riesgos de un proyecto	60
Identificación de riesgos	60
Análisis cualitativo de riesgos	61
Análisis cuantitativo de riesgos	62
Planificación de respuesta a riesgos	64
Supervisión y control de riesgos	65

Capitulo III Marco Metodológico	68
Tipo de Investigación.	68
Diseño de Investigación.	70
Población y Muestra.	71
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	71
Proyecciones planificadas en función de la altura del talud	72
Datos obtenido para el parámetro hierro	73
Observaciones en el proceso productivo	74
Análisis de los datos	74
Pruebas de análisis de parámetros químicos	75
Elaboración y ejecución del programa de análisis	75
Análisis cualitativo, determinación de causa y efecto	76
Operacionalización de objetivos	77
Capitulo IV Presentación y Análisis de Resultados	78
Análisis cuantitativo	78
Análisis del Bloque 3 Sector 4 (B3S4)	80
Datos generales de alúmina	81
Datos generales de sílice cuarzo	83
Datos generales de sílice reactiva	84
Datos de corte con tractor en el B3S4	85
Datos de alúmina en los cortes con tractor del B3S4	86
Datos de cuarzo en los cortes con tractor del B3S4	87
Datos de sílice reactiva en los cortes con tractor del B3S4	88
Corte con pala	89
Datos de alúmina en los cortes con pala del B3S4	90
Datos de cuarzo en los cortes con pala del B3S4	90
Datos de sílice reactiva en los cortes con pala del B3S4	91
Proyecciones para el B3S4	92
Análisis del Bloque 3 sector 6 (B3S6)	97

Datos del B3S6 en cortes realizados con pala	97
Proyecciones para el B3S6	99
Análisis de hierro	103
Análisis de hierro para el B3S4	104
Análisis de hierro para el B3S6	105
Análisis cualitativo, causas	105
Análisis cualitativo, impacto en la producción	108
Movimiento de tractores y palas	110
Movimiento de palas	110
Movimiento de tractores	112
Evaluación de la gestión de la calidad	113
Evaluación e la gestión de riesgos	114
Capitulo V Conclusiones y Recomendaciones	
Conclusiones	115
Recomendaciones	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXOS	
Anexo 1: Medición de las salidas de los procesos de gestión de la calidad	124
Anexo 2: Medición de las salidas de los procesos de gestión de riesgos	127
Anexo 3: Evaluación de la gestión de calidad y riesgos	130
Anexo 4: Bloques y sectores del yacimiento de mineral de bauxita en Los Pijiguaos	131

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Recursos medidos e indicados del Yacimiento de Bauxita de los Pijiguaos	10
Tabla 2 Especificaciones de la bauxita exigida por Planta Alúmina	18
Tabla 3 Equipos de Extracción y Carga, Superintendencia de Mantenimiento Equipo Pesado	37
Tabla 4 Equipos de Acarreo, Superintendencia de Mantenimiento de Equipo Pesado.	37
Tabla 5 Equipos de Apoyo, Superintendencia de Mantenimiento de Equipo Pesado	38
Tabla 6 Especificaciones de la bauxita requeridas por turno	41
Tabla 7 Operacionalización de objetivos	77
Tabla 8 Datos generales de alúmina para el B3S4	81
Tabla 9 Datos generales para el Sílice Cuarzo para el B3S4	83
Tabla 10 Datos generales de sílice reactiva para el B3S4	84
Tabla 11 Datos de alúmina en cortes con tractor del B3S4	85
Tabla 12 Datos de sílice cuarzo en corte con tractor del B3S4	87
Tabla 13 Sílice reactiva en cortes con tractor del B3S4	88
Tabla 14 Datos de alúmina de cortes con pala del B3S4	89
Tabla 15 Datos de Cuarzo de cortes con Pala del B3S4	90
Tabla 16 Datos de sílice reactiva para los cortes con pala en el B3S4	91
Tabla 17 Datos de las proyecciones del B3S4	92
Tabla 18 Datos de las proyecciones de cuarzo del B3S4	94
Tabla 19 Datos de Sílice Reactiva de las Proyecciones de Sílice Reactiva del B3S4	95
Tabla 20 Resumen de las variaciones obtenidas para el B3S4	96
Tabla 21 Datos de alúmina del B3S6	97

Tabla 22 Datos de Cuarzo del B3S6	98
Tabla 23 Datos de Sílice Reactiva del B3S6	99
Tabla 24 Datos de proyecciones de Alúmina del B3S6	100
Tabla 25 Datos de proyecciones de Alúmina del B3S6	101
Tabla 26 Datos de proyecciones de Sílice Reactiva del B3S6	102
Tabla 27 Resumen de la variabilidad para el B3S6	103
Tabla 28 Movimiento de las Palas 5130	111
Tabla 29 Producción de pala hidráulica CAT 5130	111
Tabla 30 Producción de tractor oruga DR9	112
Tabla 31 Movimiento de los tractores de oruga	112

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1 Ubicación relativa del yacimiento	8
Figura 2 Ubicación geográfica del yacimiento	9
Figura 3 Vías de acceso a la Mina	11
Figura 4 Diagrama de flujo del proceso productivo de CVG Bauxilum Mina	19
Figura 5 Diagrama de flujo del área de la mina	20
Figura 6 Diagrama de flujo del área de homogeneización	21
Figura 7 Diagrama de flujo del área de almacenamiento y embarque	23
Figura 8 Sección típica de la Bauxita de los Pijiguaos	25
Figura 9 Perfil Laterítico de Bauxita de los Pijiguaos	27
Figura 10 Vista 3D del Modelo Geológico para el ítem Alúmina (Al ₂ O ₃) (Minesight)	30
Figura 11 Vista de Sección Vertical. (Minesight, 2006)	31
Figura 12 Método de explotación en tiras	34

Figura 13 Corte con pala en talud mayor a 7 metros	42
Figura 14 Corte con pala en talud menor de 7 metros	43
Figura 15 Toma de muestra en corte con tractor	44
Figura 16 Procesamiento físico de muestras de Producción	47
Figura 17 Descripción General de la Gestión de Calidad	53
Figura 18 Planificación de la Calidad	55
Figura 19 Aseguramiento de la Calidad	56
Figura 20 Control de la Calidad	57
Figura 21 Planificación del Riesgo	60
Figura 22 Identificación del Riesgo	61
Figura 23 Análisis cualitativo del Riesgo	62
Figura 24 Análisis cuantitativo del Riesgo	63
Figura 25 Planificación de la respuesta al riesgo	64
Figura 26 Seguimiento y control de Riesgos	66
Figura 27 Procedimiento Usual para el análisis de datos de muestras	74
Figura 28 Fotografía de una Saprolita encontrada en el B3S6	107
Figura 29 Lente de Hierro en el Perfil geológico del B3S4	107
Figura 30 Capa de Arcilla, claramente identificable en el B3S6	108

Índice de Gráficos

	Pág.
Gráfico 1 Histogramas para los datos de alúmina en el B3S4	78
Gráfico 2 Histogramas para los datos de cuarzo en el B3S4	79
Gráfico 3 Histogramas para los datos de sílice reactiva en el B3S4	79
Gráfico 4 Análisis de hierro	104
Gráfico 5 Análisis de hierro para el B3S4	104
Gráfico 6 Análisis de hierro para el B3S6	105

INTRODUCCION

La región de Guayana, ubicada al sur del río Orinoco, es una zona privilegiada por la gran diversidad de recursos naturales que reúne. Uno de los más importantes recursos ubicados en esta zona geográfica es la bauxita, materia prima para la obtención de alúmina, cuya extracción y posterior transformación posicionan a esta región del país como centro de la producción de aluminio nacional, con una notable independencia en materia de insumos.

El yacimiento de bauxita está localizado en la altiplanicie de Los Pijiguaos. Es aquí donde se inicia el proceso productivo, a cargo de CVG Bauxilum, que abarca la extracción, trituración, almacenamiento, homogeneización, carga y transporte, cumpliendo con los requerimientos exigidos por el cliente.

En este trabajo se analizó el proceso de extracción de la bauxita en la mina, que comprende tres etapas principales: planificación de la mina, extracción de la bauxita y control de la calidad de la bauxita extraída.

Para ello se realizó el cálculo de la variabilidad existente entre el modelo geológico (planificación) y las muestras de producción (extracción), además de observaciones en campo que permitirán determinar las causas que generan la variabilidad y el impacto que tiene en las operaciones de extracción y acarreo de mineral.

Los resultados de la investigación realizada se presentan en el presente documento, estructurado en cinco capítulos, a saber:

- Capítulo I: El Problema
- Capítulo II: Marco Teórico
- Capítulo III: Marco Metodológico
- Capítulo IV: Presentación y Análisis de Resultados
- Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

El yacimiento de Bauxita de la Mina Cerro Páez ubicada en la parte occidental del Estado Bolívar, al suroeste del Municipio Autónomo Cedeño, en el extremo Norte de la Serranía de Los Pijiguaos, a 500 Km de la ciudad de Caracas y 520 Km al suroeste de Ciudad Guayana, enmarcado entre los ríos Suapure y Parguaza, a una distancia de 40 km del río Orinoco se presenta de manera heterogénea desde el punto de vista de parámetros químicos (Hierro, Alúmina, Cuarzo, Sílice Reactiva y Humedad entre otros), por lo que ha sido necesario realizar diversos estudios que permitan determinar la mejor forma de explotar el yacimiento y extender su vida útil. Según estudios exploratorios realizados por Alusuisse Engeneering S.A y CVG MTecmín en el marco del Proyecto “*Inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana*”, a finales de los años setenta, y más recientemente C.V.G Bauxilum, se determinó que el mallado de 25*25 metros de área de estudio es el adecuado para realizar el proceso de muestreo y perforación para la planificación de la mina.

El resultado de los análisis químicos de los sondeos geoexploratorios (toma de muestras por perforación con taladros hasta una profundidad de 10 metros sobre el nivel superficial del terreno) alimentan la base de datos del sistema informático utilizado para planificar la mina (Software Minesight) y hacen posible generar el modelo geológico que es usado por CVG Bauxilum para la planificación del frente de explotación de Bauxita a corto, mediano y largo plazo.

Aún cuando existe una planificación que debe garantizar que la mezcla satisfaga los parámetros requeridos por el cliente (Hierro, Alumina, Cuarzo, Sílice Reactiva y Humedad), se toman muestras en los frentes de producción cada dos horas para llevar un control más preciso de la pila en formación.

El problema radica que, en ocasiones, los resultados obtenidos de los análisis químicos realizados a las muestras de mineral de bauxita de los frentes de explotación (análisis realizado en el Laboratorio Mina, ubicado en el Centro de la Mina) varían respecto al modelo geológico utilizado para planificar dicho frente (planificación realizada con el software Minesigth), generando, en consecuencia, inconvenientes en las operaciones de extracción del mineral, lo que se traduce en un impacto en el proceso productivo, ya que esta variación entre lo extraído y lo planificado en cuanto a la calidad de alumina se refiere ocasiona efectos, como la re planificación de la mina, pérdida de tiempo en realizar nuevamente un estudio de la ubicación exacta del mineral con la calidad esperada, pérdida de dinero pues, es necesario re programar actividades con personal y maquinarias para conseguir un resultado más confiable y por ende retraso en el proceso de explotación.

Los reportes de avance durante los procesos de explotación de mina no definen el impacto del retraso de estas actividades de explotación, así como tampoco están definidos los factores de atraso, ni los rendimientos estimados versus lo ejecutados, por tanto es factible pensar que por el desconocimiento de estos datos no se han tomado medidas correctivas para minimizar o eliminar los retrasos ocurridos. Esto ha traído como consecuencia que la Gerencia de Mina se plantee las siguientes interrogantes en función de la variabilidad existente:

- ¿Cuál es el estatus real de lo extraído en los frentes de explotación versus lo planificado con el modelo geológico?
- ¿Cuál es el rendimiento del proceso de explotación del mineral?
- Con el rendimiento actual ¿en cuánto se excederá el plazo de entrega del mineral al cliente?
- ¿Cuáles son las causas más frecuentes de retrasos en las actividades de explotación de la mina?
- ¿Qué medidas se deben tomar para cumplir con la planificación propuesta?

Un retraso en el proceso de explotación del mineral, a consecuencia de mineral fuera de especificaciones técnicas, representa un cuello de botella en todo el proceso inicial de producción, ya que la planificación inicial determina el tiempo y las toneladas por mes, estrictamente planificado en función de la necesidad de nuestro cliente. Por ello en esta investigación se planteó determinar las causas que generan esta variabilidad, a fin de tomar las medidas pertinentes para desarrollar un plan que nos permita tomar acciones, a fin de cumplir con lo exigido por nuestros clientes en cuanto a calidad y oportunidad.

Justificación de la Investigación.

Actualmente, la infraestructura operacional de CVG Bauxilum Planta, ubicada en la Zona Industrial Matanzas Puerto Ordaz, no permite aprovechar el mineral de bauxita extraído en la mina de Los Pijiguaos que posea baja concentraciones de Alúmina, (concentración por debajo de 49% de Alúmina, requisito exigido por los clientes) y la mina es muy heterogénea en cuanto a propiedades químicas en los frentes de explotación, por lo tanto es necesario

planificar el frente de producción para conseguir homogeneizar el mineral extraído, con el fin de conseguir la mezcla óptima, que cumpla con los requisitos de los clientes. Cumplir efectivamente con esta planificación de mina es prioridad, pues, de este proceso se planifican los futuros embarques de mineral desde la mina (Los Pijiguaos) hasta la planta reductora de Alúmina (Puerto Ordaz) y, tomando como referencia las variaciones de los parámetros químicos detectadas durante el muestreo en los frentes activos de explotación y los analizados con el Software Minesight, puede generarse que se deba cambiar la planificación, lo cual tiene un impacto negativo y retraso en las operaciones de producción, por lo que se justifica una investigación que permita determinar las causas de la variabilidad entre las muestras de producción y el modelo geológico, de manera de hacer más eficientes las labores de producción.

Objetivos de la Investigación.

Objetivo General.

Evaluar el impacto que genera, en la calidad del proceso de explotación de mineral de bauxita la variabilidad existente entre este proceso y el modelo teórico geológico utilizado para la planificación de la mina ubicada en Los Pijiguaos.

Objetivos Específicos.

- Describir los requisitos de calidad establecidos para la bauxita a ser extraída de las minas de CVG Bauxilum Los Pijiguaos

- Analizar la planificación actual de los frentes de explotación en función del modelo geológico del yacimiento del mineral
- Determinar el grado de adecuación del proceso actual de extracción basado en la caracterización del modelo geológico de planificación de mina.

Descripción de Variables

Técnicas de Medición de Rendimiento: Distintos métodos y herramientas que permiten analizar el rendimiento de un proyecto.

Actividades Retrasadas: Actividades, cuyo nivel de ejecución esta por debajo del planificado.

Factores de Atraso: Son los distintos agentes que originan o causan retraso en la ejecución de actividades.

Costo: Valor monetario o precio de una actividad o componente del proyecto, que incluye el valor monetario de los recursos necesarios para realizar y terminar la actividad o el componente.

Calidad: Conjunto de cualidades y requerimientos necesarios para cumplir satisfactoriamente una actividad.

Productos Entregables: Actividad ejecutada satisfactoriamente al 100 %

Alcance

La presente investigación tuvo como objetivo, evaluar las causas que ocasionan la variabilidad existente entre el modelo geológico utilizado para la planificación de mina y lo verdaderamente extraído durante el proceso de toma de muestras para el año 2006 en la Mina de Bauxita en Los Pijiguaos, Edo. Bolívar. Este estudio se limitó a evaluar en que medida el resultado del proceso de explotación real coinciden con lo esperado en la planificación de mina, no incluye la implementación de medidas correctivas ni su monitoreo

Limitaciones.

El hecho de que no existan antecedentes de trabajos similares, aunado a la falta de datos con respecto a la ubicación de las muestras, pueden dificultar el análisis de áreas ya explotadas. Para el análisis de áreas en explotación es necesario contar con cartas geológicas, donde se reflejen los avances de los frentes de explotación actualizados diariamente, labor que no se lleva a cabo por falta de personal, condiciones climáticas, entre otras, lo cual puede dificultar la ubicación de las muestras.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Elementos teórico conceptuales

Ubicación del área de estudio

El Cerro Páez de Los Pijiguaos está ubicado en la parte Occidental del Estado Bolívar, al suroeste del Municipio Autónomo Cedeño (figura1), en el extremo Norte de la Serranía de los Pijiguaos, a 500 Km de la ciudad de Caracas y 520 Km al Suroeste de Ciudad Guayana, enmarcado entre los Ríos Suapure y Parguaza y a una distancia de 40 Km del Río Orinoco.

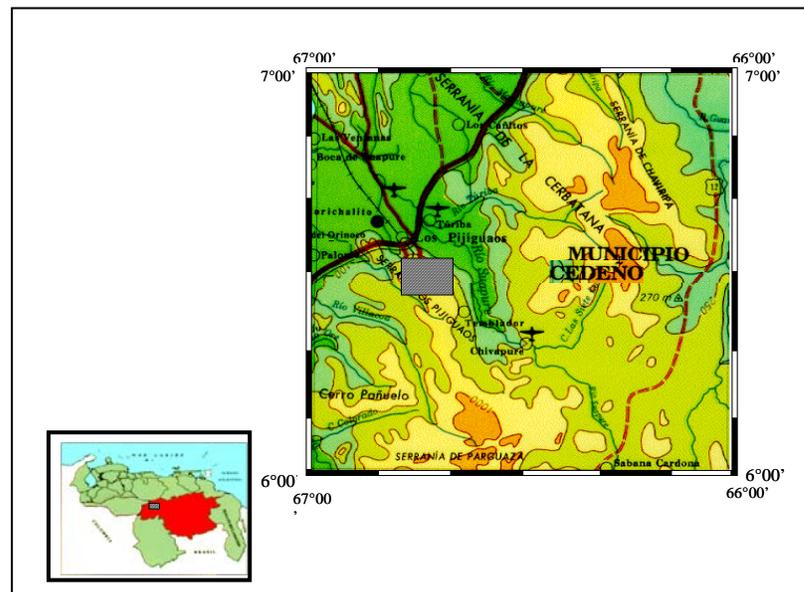


Figura 1 Ubicación relativa del yacimiento
(CVG TECMIN 1994)

El área está comprendida entre las longitudes $66^{\circ}40'30''$ W y $66^{\circ}46'30''$ W, y las latitudes $6^{\circ}26'30''$ N y $6^{\circ}32'30''$ N. Las dimensiones aproximadas del yacimiento son de 8 Km de largo por 2 Km de ancho con una elevación promedio máxima de 686 metros sobre el nivel del mar.

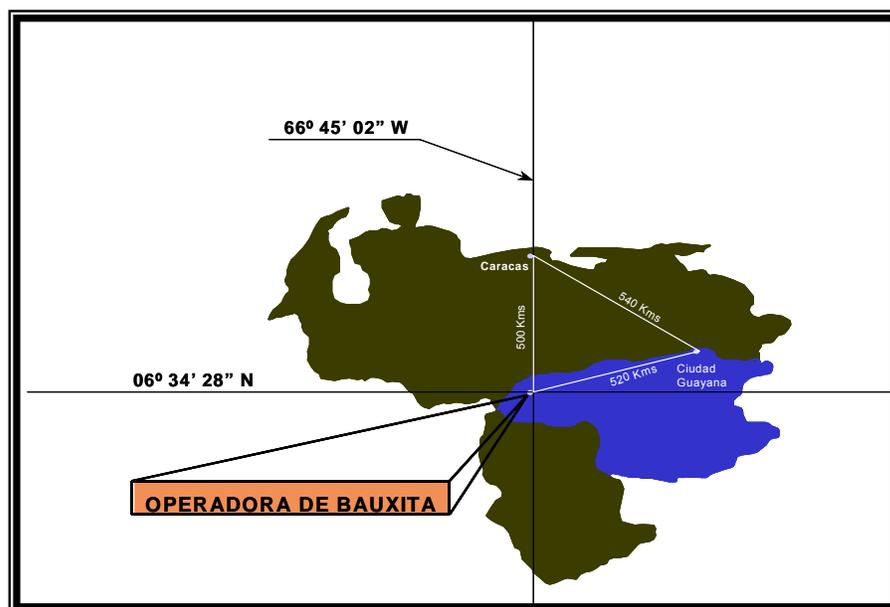


Figura 2 Ubicación geográfica del yacimiento
(CVG TECMIN 1994)

El área de estudio específicamente corresponde al Bloque 1 Sector 3, Bloque 3 Sector 3, Bloque 3 Sector 4, y Bloque 3 Sector 6, contemplados en los planes de pila de Junio a Septiembre de 2006 (Anexo 4).

Situación actual del yacimiento

El yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos es el de tipo meseta (plateau), y está constituido por una capa bauxítica con un espesor promedio de 7,6 m, que yace en el tope de la Serranía de Los Pijiguaos, entre los 600 y 700 metros sobre el nivel del mar. La mina está dividida en 10 bloques con una extensión aproximada de 17 Km², de los cuales los 3 primeros bloques han sido divididos en sectores y actualmente están siendo explotados, a partir del cuarto bloque no presentan división.

La evaluación de reservas del yacimiento viene dada por los resultados de los análisis químicos de Al₂O₃, Fe₂O₃, SiO₂ (T), TiO₂, para cada metro vertical de los sondeos en cada bloque para una malla de 25x25 metros.

Los resultados de los ensayos son manipulados por el software “Minesight” a través de métodos geoestadísticos de interpolación, utilizando como función de extensión de la distancia ponderada y tomando en consideración la ley de corte 44/20, cuyo significado es:

Ley de Corte: Al_2O_3 mayor o igual a 44% y SiO_2 menor o igual a 20%

La tabla 1 muestra los recursos actuales del yacimiento, para la ley de corte 44/20, considerando que todas las toneladas se reportan sobre la base de bauxita seca y una densidad de $1,625\text{t/m}^3$, los recursos medidos derivan de los resultados químicos de la malla de perforación 25x25 m, los recursos indicados derivan de resultados químicos de la malla de perforación 100x100 m y el factor de pérdida es 15%.

De acuerdo a la capacidad instalada y los recursos medidos, cumpliendo con la producción programada actual, se estima una vida útil del depósito mineral de 18 años.

Recursos	Toneladas	$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{T})$	$\text{SiO}_2(\text{Q})$	$\text{SiO}_2(\text{R})$	Espesor (m)	Area (m^2)
Medidos	105.114.000	48.3	7.6	1.2	7.0	9.233.597
Indicados	27.215.000	48.3	6.6	1.4	7.5	2.506.852

Tabla 1.- Recursos medidos e indicados del Yacimiento de Bauxita de los Pijiguaos.
(Base de Datos del Minesight, 2006)

Acceso a CVG Bauxilum Los Pijiguaos

El campamento de C.V.G Bauxilum en los Pijiguaos, se encuentra interconectado al sistema de vialidad nacional desde Ciudad Bolívar a través de la carretera nacional Caicara Orinoco - Puerto Ayacucho. Por vía aérea el campamento cuenta con una pista de aterrizaje de 1650 metros para aeronaves livianas y un helipuerto para aterrizaje de helicópteros, disponibles todo el año. Por vía fluvial el acceso es posible desde Cabruta o Caicara través del río Orinoco, hasta el puerto de Gumillas, conocido como El Jobal.

El acceso a las zonas de interés para la investigación es posible en vehículos rústicos, por medio de las vías de acceso terrestre desde el campamento hasta el área de la mina, por 25 Km, de los cuales 13 km están asfaltados y los 12 km restantes están engrazonados y forman parte del yacimiento de bauxita, tal como se muestra en la figura 3.



Figura 3.- Vías de acceso a la Mina
(Farfan, Garyesser 2001)

Clima en el Centro de Mina de Bauxita, en Los Pijiguaos

El yacimiento está ubicado en una zona bioclimática correspondiente al régimen Ombrofilo Macrotérmico, que se caracteriza por su condición eminentemente húmeda, con una temperatura promedio anual que supera los 24 °C. El área está comprendida entre los 2000 mm y los 3200 mm de precipitación. La evaporación media anual varía entre 1900 mm y 2300 mm, valores que están por debajo de la cantidad de lluvia que precipita, lo cual le confiere el carácter eminentemente húmedo a esta zona bioclimática. El clima que predomina en la zona de estudio es de tipo subtropical húmedo, dividido en una estación lluviosa larga, desde el mes de mayo hasta octubre y otra estación lluviosa corta, desde noviembre hasta diciembre y una estación seca desde el mes de enero hasta abril. Esta distribución de la etapa lluviosa y de sequía incide directamente en el período de producción.

Vegetación en el Centro de Mina de Bauxita, en Los Pijiguaos

Los bosques y otros tipos de vegetación en la zona Ombrofila Macrotermica, se localizan en diferentes paisajes fisiográficos, que abarcan desde los sistemas de plateau, montañas, lomeríos, peniplanicies y planicies. Para el caso particular del yacimiento de los Pijiguaos, la vegetación más representativa son los bosques altos en paisaje de Plateau, y bosques en paisaje de lomerío, los cuales dominan los patrones de vegetación en toda la zona.

Los bosques en paisaje de plateau están representados como una asociación de dos tipos de bosques. El primero, dominante en extensión, está conformado por un conjunto arbóreo, para el estrato superior, comprendido entre 15 m y 25 m, y se corresponden a la clasificación de bosques medio, con densidad de cobertura superior a 75%. Estos bosques

alcanzan su mayor altura en las laderas. Los bosques bajos se desarrollan normalmente en las partes altas o cumbres (lomas o mesetas) de los Plateau, donde existen condiciones menos ventajosas, para el desarrollo de bosques de mayor porte, en particular por contener suelos muy esqueléticos.

Los bosque en paisaje de lomerío son zonas con árboles de hasta 25 m de altura y densos en cobertura; la unidad se sitúa sobre un sistema de lomerío, alto y escarpado, con pendiente superior al 30%.

Suelos en el Centro de Mina de Bauxita, en Los Pijiguaos

Los procesos de meteorización del Grupo Cuchivero dan lugar a suelos rojos sobre un sustrato de rocas granitoides calcoalcalinas, suelos marrones en las partes donde se depositan mezclas de sales húmicas y férricas; arcillas residuales en aquellas áreas de saturación permanente.

Los suelos que se han desarrollado en esta zona, son producto de la desintegración, meteorización y erosión de las rocas graníticas que constituyen el basamento ígneo metamórfico predominante en el área de estudio originando suelos muy evolucionados y esqueléticos pertenecientes al orden de los Ultisoles, que se hacen más evolucionados hacia los topes de los interfluvios, son bien drenados y se encuentran asociados con afloramientos y bloques rocosos y sustentan una vegetación boscosa de altura baja a media y cobertura media.

El contenido de carbono orgánico es bajo, reacción fuerte a extremadamente ácida. La capacidad de retención de humedad es muy baja en los primeros estratos del suelo y moderada en profundidad, permeabilidad muy rápida y el drenaje es muy bueno.

Geomorfología en el Centro de Mina de Bauxita, en Los Pijiguaos

El paisaje asociado al área de estudio es un Paisaje de Plateau. Los plateau representan extensas superficies de erosión que se ubican entre los 600 y 700 msnm aproximadamente, y han evolucionado de un sustrato geológico compuesto por rocas graníticas, cuya meteorización ha originado un manto laterítico, enriquecido en alúmina.

Esta unidad se define como un plateau medio, escarpado, moderadamente disectado. La Serranía de Los Pijiguaos es parte de una antigua superficie de erosión de extensión regional, presentando un declive general hacia el oeste de 2,3% aproximadamente. Detalladamente, esta superficie es suavemente ondulada en la cual los topes planos muestran pendientes entre 0 y 5%; limitadas alrededor por zonas con pendientes más pronunciadas hasta un 15%, cortadas en forma abrupta por el escarpado relieve, al pie de los cuales se encuentran quebradas y caños con perfiles en forma de "V" que drenan la Serranía, conformando un patrón de drenaje dendrítico medianamente denso a denso, controlado por un patrón de fracturamiento y fallamiento local.

En estos escarpes resulta fácil observar la roca fresca del granito del Parguaza, la cual forma paredes casi verticales con desniveles hasta de 500 metros.

La morfología del área se relaciona con un proceso de levantamiento tectónico regional de una planicie de erosión antigua. En esta antigua superficie de erosión es donde se encuentra la bauxita; debido a la intensa laterización del granito infrayacente (Granito Rapakivi de El Parguaza). Los ríos y quebradas de importancia son: Caño Trapichote y Caño Pijiguaos, el río Suapure que fluye al norte del área de estudio de dirección general sur,

sureste y noreste y el río Orinoco que fluye aproximadamente a 35 Km al oeste del área estudiada en una dirección aproximada N20°E.

Topografía en el Centro de Mina de Bauxita de CVG Bauxilum, en Los Pijiguaos

El cerro Paéz de los Pijiguaos se caracteriza por presentar una topografía escarpada, con pendiente general entre 30 y 60% y un moderado grado de disección, que origina entallamientos profundos, generándose relieves de meseta, abruptos o escarpes, lomas y vegas.

Las mesetas corresponden a los tipos de relieve que modelan los interfluvios, son en general, estrechas, alargadas y continuas entre sí. Poseen un perfil plano convexo con pendiente que varían entre 4 y 10%.

El abrupto o escarpe es el tipo de relieve que limita las mesetas, generalmente constituye paredes rocosas prácticamente verticales que tienen un desnivel pronunciado con respecto a las áreas más bajas circundantes del plateau.

Las lomas tienen un desnivel promedio de $\pm 100\text{m}$, y las vegas forman un perfil agudo en V con pendientes locales de 6 a 8%. Estas últimas son muy angostas y se muestran adyacentes a los cursos de agua que drenan la unidad. Estos cambios de nivel muy bruscos con laderas muy pronunciadas casi verticales, las cuales llegan a sobrepasar los cientos de metros de altitud originando perfiles bastante accidentados, lo cual ocasiona problemas en el acarreo de mineral debido al elevado ángulo de inclinación que presentan las pendientes, dificultando un poco la labor de planificación de viabilidad en la zona de aprovechamiento del yacimiento (ALUSUISSE y CVG, 1980).

Hidrografía en el Centro de Mina de Bauxita, en Los Pijiguaos

La región se encuentra en la cuenca del río Suapure cuya extensión es de 869.000 Ha y la subcuenca del río Caripo. Dentro de los bloques, el drenaje puede dividirse en dos: los que drenan al Suapure (Trapichote y Pijiguaos) y el que drena al Orinoco. Esto nos lleva a establecer parámetros de importancia para las condiciones hidrográficas del yacimiento de los Pijiguaos. De lo anterior se desprende que, el sistema hidrográfico está dirigido al río Orinoco, en cuyas márgenes se encuentran áreas muy importantes desde el punto de vista forestal, ecológico, cultural y científico.

Hidrología en el Centro de Mina de Bauxita, en Los Pijiguaos

Para lograr una reserva de agua segura para los diversos consumidores, tales como urbanización, planta generadora, mina de bauxita y terminal fluvial, se investigaron las condiciones hidrológicas de los cuatro ríos más importantes del área de los Pijiguaos. Este estudio se basa en mediciones de caudal llevadas a cabo en los ríos Trapichote, Caripo y los Pijiguaos, así como en datos hidrológicos del río Suapure, obtenidos del Ministerio de Obras Infraestructura.

Los caudales promedio de cada río en las estaciones de medición hidrométrica y en las estaciones de medición de toma de agua propuestas, fueron evaluados y referidos a sus cuencas de captación. Los caudales mínimos fueron calculados en base al mínimo anual del río Suapure, registrado durante un periodo de 9 años. Estos caudales mínimos fueron comparados con el consumo a esperarse, resultando que la disponibilidad de agua en las tres estaciones de toma propuestas (mina, urbanización y planta generadora) excede al consumo entre 200 y 800 veces.

Especificaciones de la bauxita de Los Pijiguaos:

La bauxita extraída del yacimiento Cerro Paéz debe cumplir con ciertas especificaciones requeridas por el cliente. Para ello, se han establecido ciertos parámetros en cuanto al contenido de alúmina total, alúmina disponible, sílice reactiva, sílice cuarzo, hierro, titanio, humedad y tamaño de la partícula; los cuales son controlados mediante muestreo en los frentes de explotación, en las pilas de almacén de trituración, en los vagones de transporte de ferrocarril, en las pilas de almacén del muelle de embarque y en las propias gabarras. Esto con el fin de realizar un seguimiento de la calidad del mineral desde su extracción hasta su envío a la planta de alúmina. La **tabla 2 muestra las especificaciones exigidas por la Operadora de Alúmina**, por ser el principal cliente de la Operadora de bauxita.

Proceso productivo

El proceso de extracción, almacenamiento, carga y transporte de la bauxita se desarrolla en tres áreas básicas: La Mina, Área de Homogeneización (Pie de Cerro) y el Área de Almacenamiento y embarque “El Jobal” (figura 4).

En general, la infraestructura de la Operadora de bauxita fue diseñada para una producción de 06 Millones de toneladas por año abarcando: 1) la mina; 2) la estación de trituración; 3) una cinta transportadora (soportada por 2 cables) de 4,2 Km. de longitud con una capacidad de 1.600 toneladas por hora, y con una trayectoria descendente de 650 m de altura; 4) una vía férrea de 52 Km.; 5) una estación de manejo con una correa transportadora de 1,5 Km. y 3.600 t/h de capacidad y un terminal con un cargador de gabarras; 6) una flota de gabarras para la transportación a través del río Orinoco.

Área de la mina

El yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos es del tipo meseta (Plateau), donde los frentes de explotación se presentan dispuestos en capas casi horizontales, con cambios de pendientes muy mínimos y espesores que varían entre 3 y 14 metros.

El proceso de producción de la bauxita se inicia con la explotación por métodos convencionales de las minas a cielo abierto (Stripping mine), después de removida y apilada la capa vegetal para su posterior reforestación.

Componentes	Mínimo	Típico	Máximo
Alúmina Total : Al_2O_3 (T)	49,00	-----	-----
Alúmina Disponible: Al_2O_3 (D)	47,00	-----	-----
Sílice Reactiva: SiO_2 (R)	1,30	1,40	1,50
Sílice (Cuarzo): SiO_2 (Cz)	-----	-----	9,00
Hierro: Fe_2O_3	11,60	12,60	13,60
Titanio: TiO_2	1,20	1,25	1,30
Humedad: %	-----	-----	13,00
Carbono orgánico: %	-----	-----	0,2

Tabla 2 Especificaciones de la bauxita exigida por Planta Alúmina
(Superintendencia de Geología y Planificación, 2006)

La bauxita es extraída directamente de los diferentes bloques de la mina, con el objeto de obtener la calidad requerida del mineral. Las operaciones de la mina son controladas y planificadas por intermedio del programa “MineSight” de MINTEC, adaptado para la planificación de la mina en todas sus fases de tiempo, es decir; a corto, mediano y largo plazo, permitiendo el procesamiento integrado de la información topográfica y geológica, evaluación de reservas, entre otras.

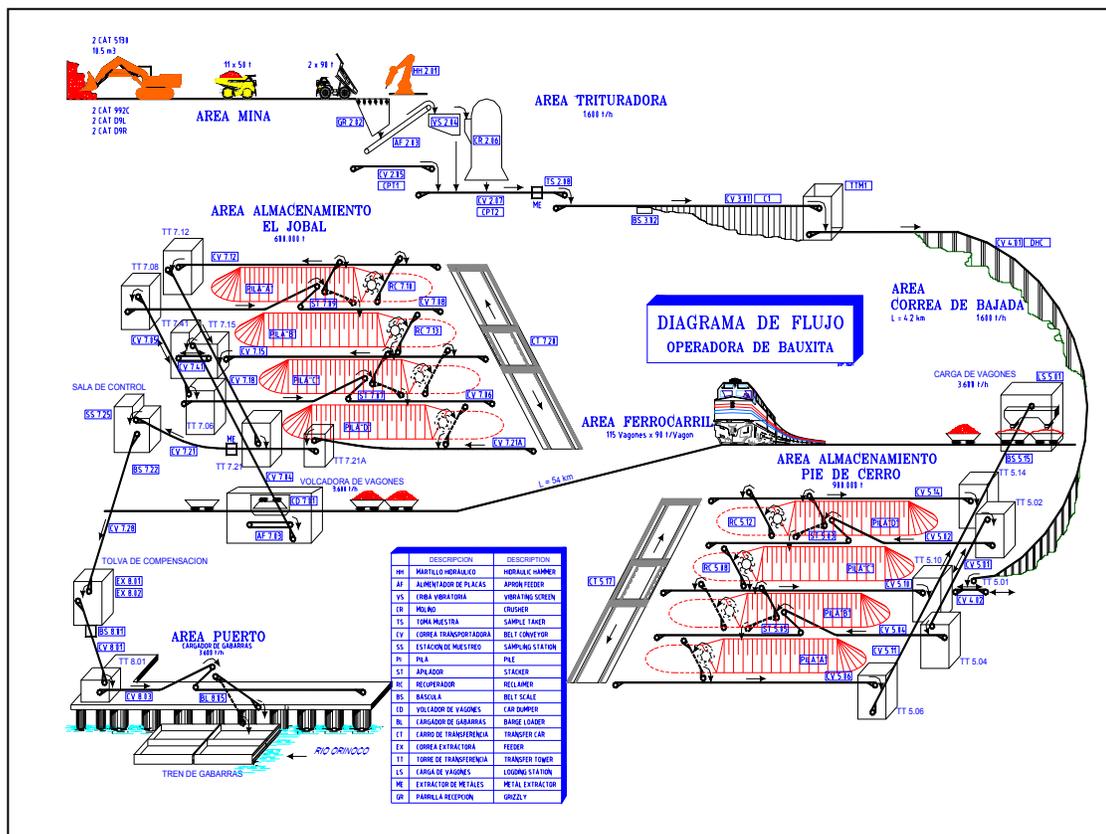


Figura 4 Diagrama de flujo del proceso productivo de CVG Bauxilum Mina (CVG Bauxilum Mina, 2006)

El yacimiento no es homogéneo, lo que implica la existencia de mucha variabilidad en la composición química del material que se extrae de los frentes de explotación; por ello se requiere de una planificación y selección previa de los frentes; buscando una relación de mezcla de varios frentes y

así obtener un material con condiciones químicas óptimas que cumplan con las especificaciones establecidas por la planta procesadora de alúmina.

La secuencia de operación en la mina es la siguiente: 1) Remoción de la capa vegetal (<1 metro); 2) Escarificado (rasgado) para romper la capa laterítica dura, 3) Carga sin voladura con palas hidráulicas; 3) Acarreo con camiones roqueros de 50-90 y 100 toneladas; 4) Triturado del mineral estación de trituración (capacidad nominal 1.600 t/h) (figura 5).

En la estación de molienda la bauxita es transferida a través de un transportador de placas hasta el molino, que reduce el mineral a una granulometría menor a 100 mm para su transporte y mejor manejo. Una vez que el material es triturado, es transferido al sistema de la correa transportadora de bajada la cual esta soportada por 2 cables de acero (tecnología del tipo teleférico o cable) y posee una longitud de 4,2 Km.

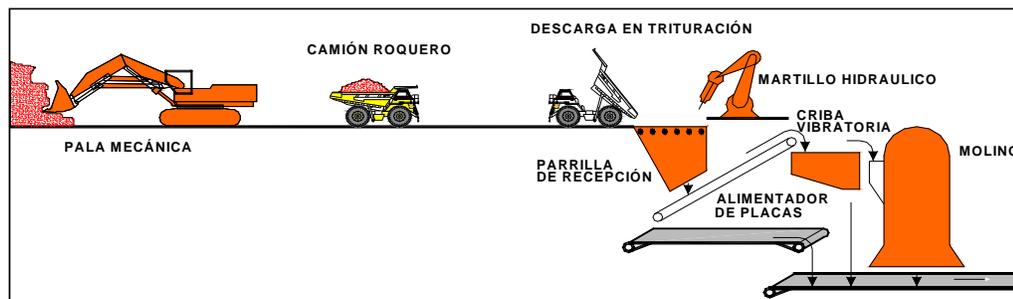


Figura 5 Diagrama de flujo del área de la mina (CVG Bauxilum Mina, 2004)

Área de homogenización

El área de Pie de Cerro, constituye el segundo frente o punto de operación. Después de una trayectoria descendente en una altura de 600 m, el material es apilado en el área de homogeneización, allí se almacena y al mismo tiempo se homogeniza el mineral en las pilas del patio y

posteriormente se carga en tren (figura 2.6). Esta área está constituida por cuatro (4) patios de apilado (225.000 t c/u); seis (6) correas transportadoras; dos (2) apiladores (1.600 t/h) ; dos (2) recuperadores (3.600 t/h); un carro de transferencia o cargador de vagones ; cinco (5) locomotoras (2.400 HP) y 115 vagones (90 t carga útil, 30 t por eje).

El apilador permite apilar la bauxita utilizando los métodos convencionales (Chevron, Shell Cone).

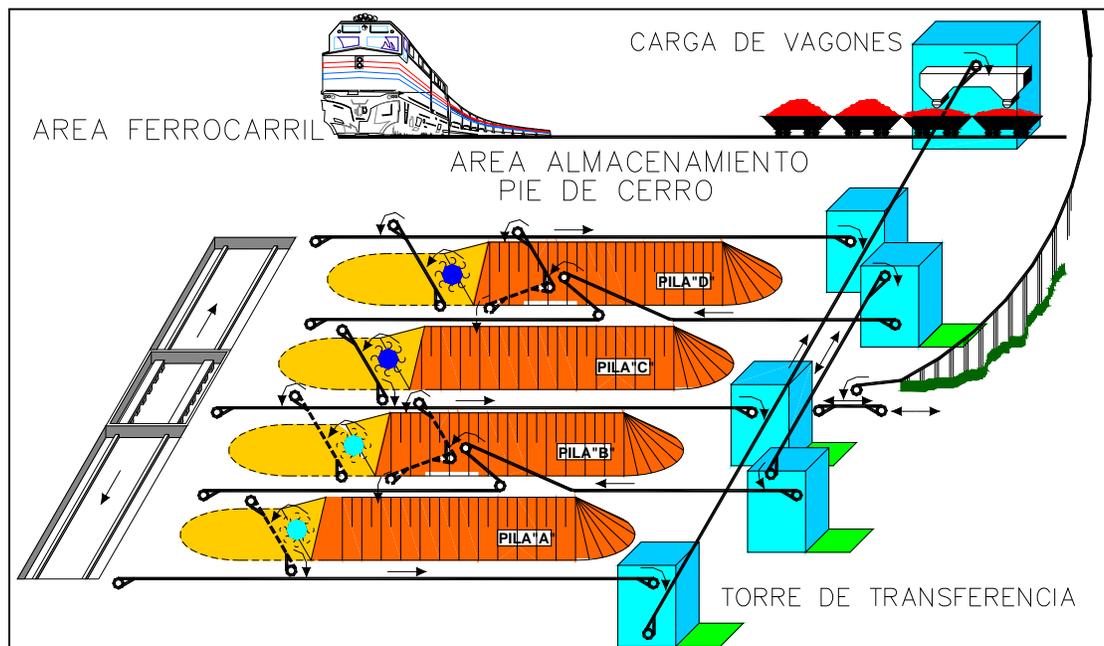


Figura 6 Diagrama de flujo del área de homogeneización (CVG Bauxilum Mina, 2006)

Área de almacenamiento y embarque

El muelle “El Jobal” es una plataforma de concreto rectangular de 10 m de ancho por 260 m de largo, de los cuales 220 m corresponden al frente de carga que domina el cargador y el resto de la extensión al puente de carga general.

El mineral es transferido por ferrocarril desde el área de homogeneización hasta el puerto El Jobal. Un tren de 50 vagones es automáticamente descargado con un promedio de 40 vagones / hora en un descargador de vagones rotatorio (volcadora), que recibe el mineral por medio de un sistema hidráulico de tipo rotatorio y su manejo es realizado a través de correas transportadoras, las cuales pueden enviar el mineral hacia las pilas de almacenamiento o enviar el mineral desde la estación volcadora de vagones hasta el terminal de carga de gabarras.

El área de almacenamiento está constituida por cuatro (4) patios de apilado con una capacidad de 600.000 t (150.000 t c/u); apiladores y recuperadores; una cinta transportadora de 3.600 t/h de capacidad, 1,5 Km. de longitud; un cargador de gabarras móvil (figura 7).

Finalmente, el mineral es transportado desde el puerto El Jobal hasta la planta de alúmina en Ciudad Guayana, en un recorrido de 650 Km. El transporte fluvial, a través del río Orinoco (Mayo – Diciembre) es hecho a través de convoyes o grupos de 12, 16, 20 y 25 gabarras de 1.500 - 2.000 t cada una con 1 ó 2 empujadores. Hay 149 gabarras en operación. Este canal del río es natural y se adapta a los cambios que sufre el río a través de los años y por ende no requiere dragado para su mantenimiento.

Geología regional

Geología del Escudo de Guayana

El Escudo de Guayana forma parte del Cratón Amazónico del Precámbrico de Sudamérica, que se extiende por el Norte de Brasil, las Guayanas, remanentes precámbricos de Colombia y Bolivia y estaba unido a África Occidental hasta la ruptura de Pangea, hace unos 200 Millones de años.

En Suramérica, las rocas pertenecientes al sistema Precámbrico se encuentran primordialmente concentradas en los escudos Brasileño y de Guayana, separados entre sí por la Cuenca del Amazonas. El Escudo de Guayana tiene forma oval, ocupando algo más del 50% de la superficie de Venezuela y su expresión septentrional se encuentra en Venezuela al sur del Río Orinoco, mientras que su parte meridional se encuentra en Colombia, Brasil, Guyana, Surinam y Guyana Francesa.

Particularmente, el Escudo de Guayana en Venezuela se compone de las siguientes cuatro provincias geológicas: Provincia de Imataca, Provincia de Pastora, Provincia Cuchivero-Amazonas y Provincia Roraima, (figura 8).

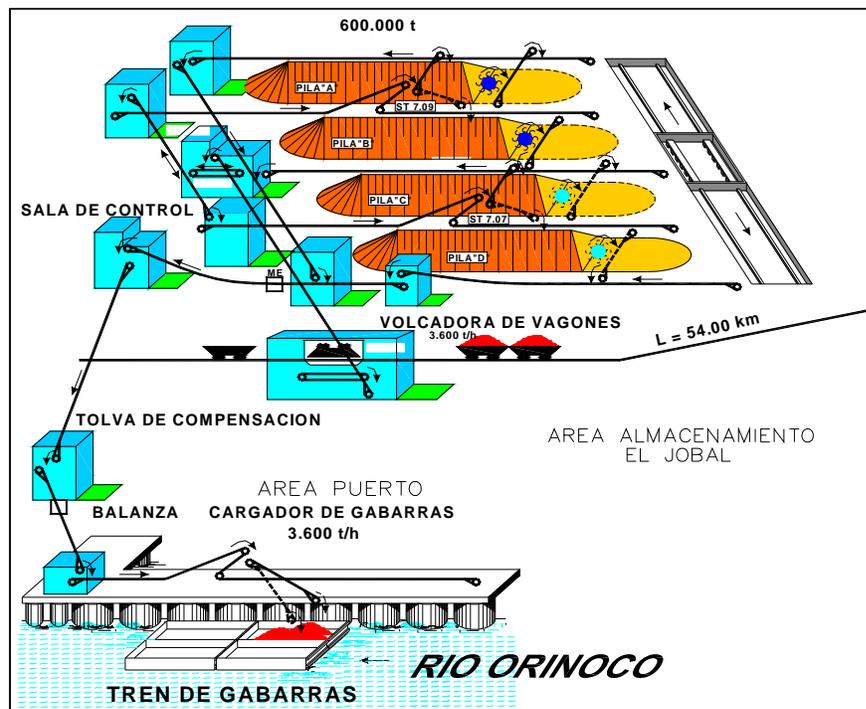


Figura 7 Diagrama de flujo del área de almacenamiento y embarque (CVG Bauxilum Mina, 2006)

Granito de Pijiguaos

El Granito de los Pijiguaos aflora en la mitad inferior de los Domos del mismo nombre, en contacto no transicional con el Granito Rapakivi de “El Parguaza”. Es un granito de grano fino, equigranular, aspecto algo recristalizado “parcialmente horneado” por el Granito Rapakivi de “El Parguaza”, muy rico en cuarzo y microclino, con textura moteada en la que se observan dos o más generaciones de cuarzo, posiblemente correspondientes a las pulsaciones o intrusiones inmediatas posteriores al Granito Rapakivi de Parguaza. Mineralógicamente, este granito está formado por feldespato potásico \pm peritita (30 - 35%), plagioclasa albítica (25-30%) y biotita marrón (1-3%), con apatito y opacos, como accesorios comunes tenemos epidoto y clorita.

El granito de Pijiguaos aflora como lajas por debajo del granito de El Parguaza; su edad debe ser igual o mayor que la del granito de El Parguaza, se anticipa una cifra de 1800 ± 100 Ma.

Génesis de la Bauxita de Los Pijiguaos

El término bauxita fue utilizado por primera vez para describir sedimentos ricos en alúmina de la región de Les Baux, Francia. El término bauxita se ha generalizado para describir productos meteorizados ricos en fases de aluminio, pobres en sílice y elementos alcalinos y alcalinotérreos.

Una definición más rigurosa del término ha sido establecida desde el punto de vista de yacimiento mineral de rendimiento económico, y como tal una bauxita debe contener no menos de 45% de Al_2O_3 , no más de 20% de Fe_2O_3 y entre 3% y 5% de sílice reactiva y combinada.

Con relación a como se forma una bauxita, el problema de su génesis es básicamente el establecimiento de condiciones determinantes para que ocurran los mecanismos de separación de las especies químicas Al, Fe y Si, tres elementos relativamente insolubles en el ambiente superficial de la corteza terrestre. El proceso geológico de mayor influencia en la génesis de las bauxitas, es el levantamiento tectónico del tipo epirogénico y las subsecuentes variaciones en el nivel de las aguas freáticas.

Por procesos de lixiviación a partir del Granito Rapakivi de El Parguaza en climas tropicales lluviosos, entre 600 y 700 m.s.n.m se produjo en el nivel de Pijiguaos un desarrollo de lateritas alumínicas, cuyo perfil de unos 5 a 10 m de espesor (7,6 promedio par las menas) muestra de tope a base 4 categorías (figura 8):

Costras: mayor de 50% de Al_2O_3 y bajas en SiO_2 , con 1 a 3 m de espesor.

Bauxitas Pisolíticas o Pseudopisolíticas: mayor de 47% de Al_2O_3 y moderas en SiO_2 , con 1 a 4 m de espesor.

Una duricostra: intercalada delgada y bauxita terrosa con baja alúmina y alta sílice (entre 10% y 20% de sílice)

Bauxita Caolinítica: de 1 a 4 m de espesor con alta sílice (> 22%) y baja alúmina (< 44%).

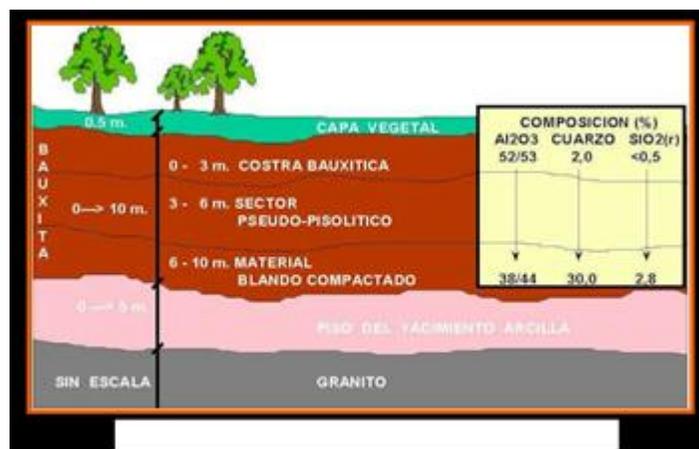


Figura 8 Sección típica de la Bauxita de Los Pijiguaos (CVG TECMIN 1994)

Perfil laterítico del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos

El perfil laterítico consiste de tres zonas bien diferenciadas (figura 9), que se presentan a continuación en orden descendente:

Zona de acumulación:

En esta zona se encuentra una capa orgánica de 30 a 50 cm de espesor e inmediatamente, por debajo de ésta, aparece primeramente la bauxita como una costra dura rica en alúmina, de 2 a 3 m de espesor, seguida de una zona pseudo-pisolítica de 3 a 5 m de espesor, donde ocasionalmente aparecen capas duras ricas en gibbsita y bolsones de material arcilloso.

Zona de lavado

Esta zona se caracteriza por la presencia de una zona moteada, rica en sílice reactiva y cuarzo, presentando una textura pseudo- rapakivi. Infrayacente, se encuentra una zona saprolítica donde el grado de meteorización varía en concordancia con la profundidad, hasta encontrar el granito fresco.

Zona de roca

Esta zona se encuentra en la base de la columna, y representa el granito rapakivi del Parguaza fresco o roca madre.

ZONAS	SUBZONAS (ESPESOR)	CAPA (ESPESOR)	PROFUNDIDAD (m)	PERFIL	DESCRIPCION
ZONA DE ACUMULACION	SUELO (0-0,3)	ALUVIAL	0		SUELO CON GUIJARROS DE LATERITA
		LATERITA BAUXITICA (MENA PRINCIPAL DE ESPESOR PROMEDIO (7,6 m))	1-2		COSTRADURA RICA EN ALUMINA Y BAJA EN CUARZO Y SILICE REACTIVO
	LATERITA (2-12 m)	CAPA DURA (0-0,5 m)	3-4		BAUXITA PSEUDOPISOLITICA, RICA EN CUARZO DISEMINADO, CON CAPAS DURAS OCASIONALES RICAS EN GIBSITA Y CAPA SUAVE DE CAOLINITA EN LA PARTE INFERIOR
		CAPA RICA EN MAT. ARCILLOSO (0-0,8 m)	5-6		
			7		
			8		
			9		
ZONA DE LAVADO	SAPROLITO	CAPA MOTEADA	10-11	MATERIAL ARCILLOSO RICO EN CUARZO ("TIGRITO")	
		SAPROLITO	12-13	GRANITO METEORIZADO RICO EN CUARZO Y CAOLINITA	
	ROCA SAPROLITICA	PROTO SAPROLITO	14-15	GRANITO METEORIZADO Y FRACTURADO	
		16			
		17			
ZONA DE ROCA	ROCA FRESCA	"ROCA MADRE"	18-20	GRANITO FRESCO	

Figura 9 Perfil Laterítico de Bauxita de los Pijiguos.
(CVG Bauxilum-Mina, 2004)

Sidder y Martinez (1990, en Mendoza, 2000) señalan que en estas áreas aisladas de riolitas se encontraron trazas de casiterita diseminada. También es importante resaltar la presencia de sulfuros diseminados.

Sistema de planificación minera MINESIGHT

El *Minesight* es un sistema de evaluación y diseño de yacimientos minerales que se aplica a través del computador. Por la condición del yacimiento (depósito tabular sensiblemente horizontal) se utiliza un modelo cuadriculado de mantos (GSM).

Este modelo GSM tiene la capacidad de generar y desplegar cortes en la mina, digitalizar los cortes, determinar los límites de excavación, relación de explotación, áreas, calidades, divisiones o separaciones, espesores, generar reportes de reservas de datos basándose en los límites de excavación y fijar metas para material de alimentación.

Introducción de datos de sondeos al sistema

La información proveniente del laboratorio (resultados de las muestras de sondeos) y de topografía es vaciada en una base de datos en formato DBASE, por teclado, a través de un programa de captura de datos de los análisis químicos y topográficos de los sondeos.

Una vez que la Superintendencia de Geología y Planificación de Mina ha transferido esta información, la misma se pasa al software MINESIGHT bajo formato DBASIC, generando en código ASCII un archivo TXT para tomar la información necesaria y este archivo se copia en el directorio correspondiente para realizar el proyecto respectivo.

Se corre en Minesight la opción convertir datos, para pasar el archivo TXT a formato Minesight; se ejecutan varias subrutinas del menú para generar el modelo digital de la mina, realizando las corridas siguientes en el menú de opciones del grupo BAUXILUM:

1. Cargar datos
2. Codificación de la capa
3. Calcular y ordenar compuestos
4. Interpolar compuestos
5. Interpolar superficies
6. Calcular el piso geológico
7. Extraer el modelo geológico

Modelo geológico

Una vez obtenido el modelo, se procede a trabajar con el planificador gráfico interactivo (IGP), para realizar los cortes que determinarán las áreas y toneladas con las especificaciones químicas y espesor aprovechable del manto bauxítico.

El mismo permite realizar mezclas con áreas y toneladas de diferentes frentes de excavación del yacimiento para la obtención del grado químico requerido, tomando en consideración, para cada periodo de producción, la capacidad del molino, metas de producción, ley de corte, distancias de acarreo, etc.

El sistema superpone gráficamente la información de los compuestos con la información topográfica, generando un mapa que es utilizado por la sección de geología para digitalizar el contorno geológico, de acuerdo al área de influencia de las perforaciones que estén en los bordes del mallado de perforación.

Este mapa también es empleado por la sección de planificación para realizar los planes de mina a corto, mediano y largo plazo. También el IGP

permite visualizar hacia dónde orientar la planificación de acuerdo a las concentraciones de los parámetros estimados, ya que hace una discriminación con colores de los rangos preseleccionados para cada ítem (Al_2O_3 , SiO_2 (R), SiO_2 (Qz), Fe_2O_3) . En la figura 10 se observa una vista en 3D del modelo donde el color verde representa porcentajes de Alúmina $44\% \geq (\text{Al}_2\text{O}_3) < 48\%$, el color azul $48\% \geq (\text{Al}_2\text{O}_3) < 50\%$ y el rojo $(\text{Al}_2\text{O}_3) \geq 50\%$.

Secciones verticales

Las secciones verticales son graficadas en pantalla, impresora o graficadora (plotter). La sección vertical muestra la topografía del terreno y las características químicas metro a metro de los sondeos correspondientes a la sección elegida. Las secciones verticales generadas con los compuestos son utilizadas tanto por la sección de geología como la de planificación para llevar el control del piso definitivo que va quedando a medida que avanza la explotación del yacimiento de bauxita (figura 11), y para hacer estimaciones de las características químicas del remanente.

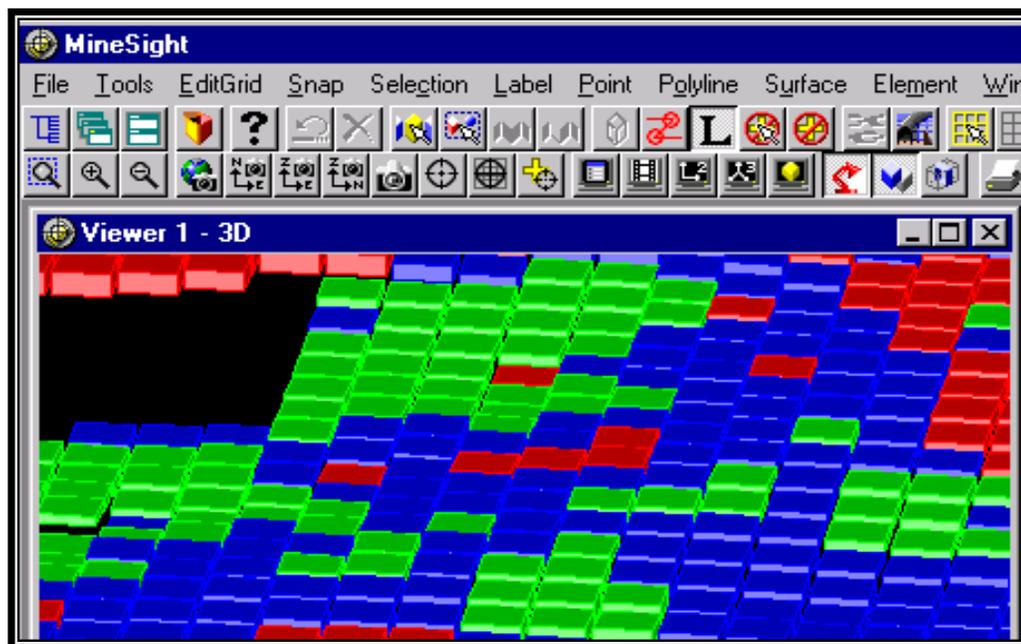


Figura 10 Vista 3D del Modelo Geológico para el ítem Alúmina (Al_2O_3).
(Minesight, 2006)

Planificación de mina

La planificación de la mina es elaborada por la sección de planificación, adscrita a la Superintendencia de Geología y Planificación Minas, cuyo principal objetivo es elaborar planes de mina a corto, mediano y largo plazo, mediante los cuales se realiza la explotación del yacimiento, cumpliendo con los parámetros y el tonelaje requerido, y controlando que se efectúe el corte programado de acuerdo con la ley de corte para evitar pérdidas del mineral, garantizando la racionalidad y el mejor aprovechamiento del yacimiento.

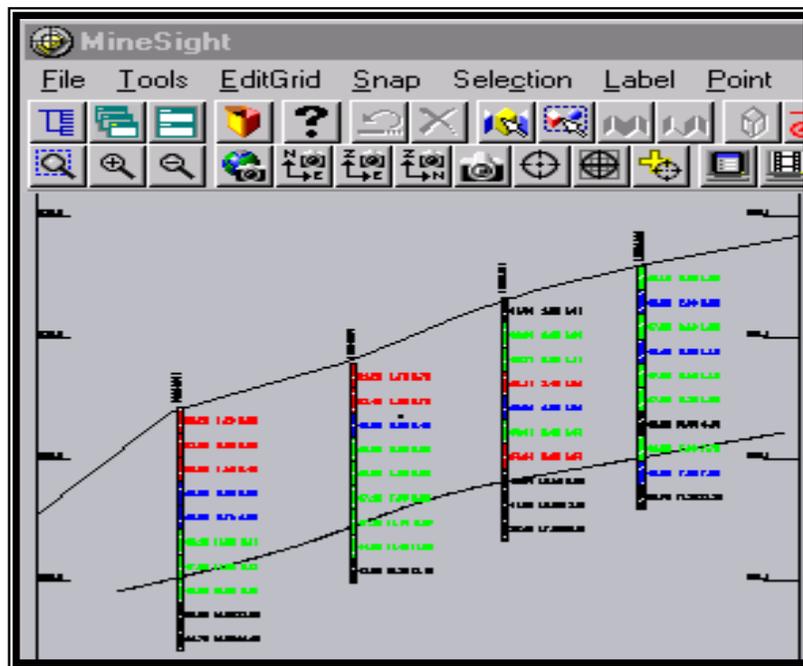


Figura 11 Vista de Sección Vertical.
(Minesight, 2006)

Entre sus funciones están supervisar las actividades de diseño de la excavación, desarrollo de explotaciones, la elaboración de mapas, entre otras.

Plan a largo plazo

Los planes a largo plazo son la base fundamental para implementar la concepción estratégica del desarrollo de los yacimientos minerales en una secuencia de excavación óptima, orientada a satisfacer los requerimientos proyectados de calidad del mineral, según las estimaciones de la gerencia de ventas (Villegas y Guapes, 1994).

Estos planes comprenden periodos de 10 a 15 años, modificados y corregidos anualmente, y se mantienen vigentes hasta que se emite el próximo plan.

Para la elaboración de estos planes es necesario contar con información referida a pendientes y distancias de las vías de acarreo, calidad del área, metas de producción y calidad de mineral requerido para cada periodo, equipos disponibles, etc.

Una vez que se cuenta con esta información, el planificador, haciendo uso del IGP, está en capacidad de emitir el plan a largo plazo.

Plan a mediano plazo

Los planes a mediano plazo cubren periodos de 5 años, detallados para cada año, señalando el pronóstico de calidad, secuencia de excavación y proyectos específicos de infraestructura. Estos planes son modificados y corregidos en el mes de diciembre de cada año.

Como etapa previa de la elaboración del plan se requiere conocer las metas de producción y calidad para cada año, evaluación de la calidad, equipos disponibles. Para la presentación del plan se elabora un resumen que contenga la excavación anual, estimación de la calidad para cada año, así como la planificación del desarrollo de la mina.

Plan a corto plazo

Los planes a corto plazo comprenden periodos de 4 meses, modificados y corregidos en el mes de enero de cada año, manteniéndose vigentes hasta la emisión del próximo plan.

Los planes de pila son elaborados para cubrir las necesidades de requerimiento de mineral, y los mismos son variables dependiendo de lo que se requiera por patio, éstos se mantienen vigentes hasta la emisión del próximo plan.

Previo a la elaboración de estos planes se consideran las estimaciones de calidad de las reservas accesibles, la disponibilidad de equipos y distancias de los frentes, lo cual permite elaborar el patrón de mezcla de producción entre los diferentes frentes de explotación, que garantice la calidad requerida por el cliente.

En estos planes se refleja los frentes de explotación, la estimación de la calidad para cada frente, vías de acarreo, estimación de los productos resultantes e infraestructura.

Explotación

El proceso productivo en el área de Mina está a cargo de la Superintendencia de Extracción y Acarreo de Bauxita, la cual ejecuta las operaciones mineras y los servicios de mina. El método de explotación es a cielo abierto mediante técnicas convencionales, utilizando el método de explotación en tiras (Stripping Mine), en el cual, primero se remueve o desmonta el recubrimiento por el método de tiras (niveles o bancos de explotación) y una vez descubierta la capa mineralizada, se procede a su explotación por este mismo método, figura 12

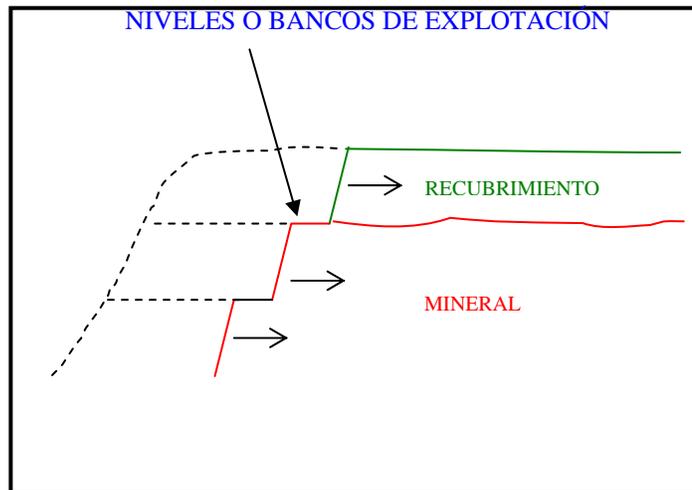


Figura 12 Método de explotación en tiras.
(Técnicas de Operaciones de Minería de Superficie, CHACÓN, E. 1998)

Operaciones mineras

La extracción del mineral se realiza en forma selectiva, en función de la calidad de la bauxita presente en los diferentes frentes de explotación, a partir de la planificación, con el fin de obtener un producto final que cumpla con las especificaciones del mercado, manteniendo las características fisicoquímicas requeridas. Las operaciones mineras abarcan:

Deforestación: La capa vegetal es removida con tractores, apilada y luego cargada en camiones roqueros para depositarla en sitios adecuados. La capa vegetal es posteriormente utilizada para la reforestación de áreas una vez terminada la explotación y apilamiento en lugares estratégicos como laderas o pendientes, con el fin de servir de defensa a los camiones roqueros y evitar que se contaminen las aguas de las quebradas (tapones).

Arranque: Una vez removida la capa vegetal se procede a la extracción de la bauxita mediante arranque mecánico. Para ello, se cuenta con tractores y palas.

Carga: La carga del mineral se realiza con cargadores frontales y palas hidráulicas. Los cargadores frontales se utilizan en combinación con los tractores, los cuales una vez que escarifican el material proceden a apilarlo para luego ser cargado.

Acarreo: El acarreo del mineral se realiza a través de camiones roqueros de 50, 90 y 100 toneladas, los cuales transportan al mineral de los diferentes bloques de explotación hasta la estación de trituración.

Servicios de mina

Las actividades que sirven de apoyo a las operaciones mineras se basan primordialmente en el mantenimiento de las vías de acarreo, construcción de drenajes, lagunas de sedimentación, control del particulado atmosférico, entre otras.

Flota de equipos

La superintendencia de Extracción y Acarreo, ha clasificado la flota de acuerdo a la actividad que realiza como: flota de extracción, carga, acarreo y apoyo; cada una de ellas con funciones específicas dentro de la dependencia.

Flota de extracción

La flota de extracción está integrada por todos aquellos equipos cuya función es extraer el mineral desde los bloques de producción o material previamente apilado. Esta flota está integrada por las Palas Hidráulicas y los Tractores de Oruga (tabla 3).

Flota de carga

La flota de Carga está integrada por todos aquellos equipos cuya función es cargar el material extraído de los frentes de producción, o el material apilado previamente (Palas y Cargadores Frontales, tabla 3).

Flota de acarreo

La flota de acarreo está representada casi exclusivamente por los camiones roqueros de diferentes capacidades (tabla 4), encargados de transportar el mineral desde los frentes de producción, hasta la estación de trituración.

Flota de apoyo

La flota de apoyo tiene funciones complementarias que sirven para incrementar la operatividad de las flotas de extracción y acarreo es decir, crean las condiciones óptimas para el mejor desenvolvimiento de los equipos. Los equipos correspondientes a esta flota se muestran en la tabla 5.

CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	MODELO
3	Pala	Caterpillar	5130
2	Cargador	Caterpillar	992C
1	Cargador	Caterpillar	992G
2	Tractor Oruga	Caterpillar	D9L
2	Tractor Oruga	Caterpillar	D9R
1	Tractor Oruga	Caterpillar	D-10R
1	Cargador	Caterpillar	988 B

Tabla 3 Equipos de Extracción y Carga
(Superintendencia Mantenimiento Equipo Pesado)

CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	MODELO	CAPACIDAD
4	Camión Roquero	Caterpillar	773B	50 Ton.
2	Camión Roquero	Caterpillar	777C	90 Ton.
7	Camion Roquero	Caterpillar	777D	100 Ton.

Tabla 4 Equipos de Acarreo
(Superintendencia de Mantenimiento de Equipo Pesado)

CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	MODELO
1	Cargador	Caterpillar	988B
1	Tractor de Rueda	Caterpillar	824C
1	Tractor de rueda	Caterpillar	824G
1	Ballena	Caterpillar	631E
1	Ballenato	Caterpillar	773D
2	Motoniveladora	Caterpillar	16G
1	Camión Remolque	IVECO	330-30
1	Cowboy	Remyveca	3 LB 24140

Tabla 5 Equipos de Apoyo
Superintendencia de mantenimiento de Equipo Pesado

Villasana y León (2004) determinaron, mediante observaciones en los distintos turnos que integran el ciclo productivo de la mina, que la producción del mineral bauxítico se lleva a cabo a través de las siguientes actividades; en cuanto a arranque, carga y acarreo se refiere:

1. Conocimiento por parte del supervisor de las labores ejecutadas y por ejecutar en los diferentes frentes activos de explotación
2. Búsqueda y distribución del personal en cada frente activo de explotación.

3. El supervisor al llegar a los frentes activos imparte instrucciones específicas a los operadores de equipo pesado y choferes, iniciando de esta manera la producción del turno.
4. Una vez conocidos los resultados de los parámetros químicos de las muestras extraídas de los frentes activos de explotación, la distribución de camiones se realiza en función de estos resultados. En caso de que los parámetros no sean satisfactorios; se hace necesario recurrir a los siguientes medios:
 - 4.1.-Cambiar la distribución de los camiones en los frentes de explotación.
 - 4.2.-Tener frentes alternos de producción, que garanticen la producción tanto en cantidad como calidad del mineral.
5. Conocimiento de la disponibilidad física y mecánica de los equipos
6. Acondicionamiento de las vías de acceso, pisos operativos de los frentes de explotación y de las principales vías de acarreo.

En el punto 4, referente a los resultados de los parámetros químicos y su influencia en la producción cabe destacar que para activar estos frentes alternos es necesaria la movilización de equipos o la paralización de frentes donde se encuentra la pala.

Control de la pila en formación:

Una de las funciones del Supervisor de Operaciones Mina (de la sección de Aseguramiento de Calidad) es llevar el control de pila en

formación y asegurar su calidad. Esta labor implica la realización de una serie de actividades que se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Generalmente, producción inicia el turno en los mismos frentes de trabajo donde finalizó el turno que lo antecede, siempre y cuando el Planificador no disponga un cambio. Es por esta razón que al iniciar el Supervisor de Aseguramiento, hace una primera proyección en una hoja de cálculo diseñada en Excel (Apéndice A), tomando en consideración los resultados de las muestras dejadas por el turno anterior y estimando el número de viajes por frente, a fin de establecer si la relación de camiones iniciada es la más idónea para cumplir con las especificaciones requeridas por turno (tabla 6).
2. Se toman las primeras muestras del turno en los frentes activos y en algunas alternativas propuestas por el planificador, y se espera el resultado de los análisis químicos de las mismas, manteniendo la mayor relación de camiones en el frente más favorable para mantener la pila en grado y la rata de producción.
3. Una vez obtenidos los primeros resultados se solicitan el numero de viajes de los camiones y las toneladas hasta ese momento por cada frente, para realizar un cierre preliminar, haciendo uso de una hoja de cálculo diseñada en Excel, que permite determinar el ponderado del turno y el estado actual de la pila y tomar decisiones en cuanto a movimiento de equipo, cambios de relación de camiones, paralización de frentes y/o equipos.
4. Durante el turno se toman muestras cada dos horas, por lo que se hacen tres cierres parciales, que se actualizan a medida que avanza

la producción y se obtienen resultados de las muestras, lo cual permite llevar un control de la pila en formación.

PARÁMETROS	%	MINIMO	TIPICO	MAXIMO
Alúmina	Al ₂ O ₃	47.50		
Sílice Reactiva	SiO ₂ (R)	1.25		1.54
Sílice Cuarzo	SiO ₂ (Qz)			14
Hierro	Fe ₂ O ₃			15
Tamaño de Partícula				≥10 cm

Tabla 6 Especificaciones de la bauxita requeridas por turno
(Superintendencia de geología y planificación, 2006)

Toma de muestras en los frentes de extracción

Para la toma de muestras de producción se debe ubicar y acceder el frente de extracción, tomando en cuenta dos condiciones: corte con pala hidráulica y corte con tractor.

Corte con pala hidráulica

Taludes mayores de 5 metros: Cortar el material desde el piso hasta la mitad del talud, en el radio de operaciones de la pala en los extremos: izquierdo, centro y derecho, todo contenido en el mismo balde, luego debe extenderse lo más que se pueda al lado de la pala. El mismo procedimiento debe realizarse desde la mitad hasta la parte superior del talud, obteniéndose dos muestras de los cortes realizados, de las cuales se tomará un 50% de incremento por cada muestra para un 100% total (figura 13).

Cuando el talud presente una capa de arcilla caolinítica mayor o igual a 1,5 metros el muestreo se realizará igual al caso anterior pero el primer corte se hará desde el piso hasta abarcar la capa de caolín y el segundo con lo que resta de talud, utilizando el número de incrementos apropiados tanto para la capa de caolín como para la capa de costra, calculado mediante una regla de tres para el espesor de cada capa. El número de incrementos utilizados para el muestreo con pala hidráulica estará comprendido entre 30 y 40 incrementos.



Figura 13 Corte con pala en talud mayor a 7 metros
(CVG Bauxilum C.A, 2007)

Cualquier otra anomalía presente en el talud, independientemente de la altura, implica que el muestreo se realice en función del perfil geológico a criterio del Supervisor de Operaciones Mina.

Taludes menores de 5 metros: Cortar el material desde el piso hasta la parte superior del talud, en el radio de operaciones de los extremos derecho e izquierdo, el material cortado en los extremos por separado debe extenderse lo más que se pueda al lado derecho de la pala hidráulica (figura 14).

Corte con tractor

Para el corte con tractor, se debe esperar a tener una cantidad suficiente de material (a juicio del Supervisor)(figura 15). Se toma la muestra con la pala cuadrada en forma de zig-zag, bordeando todo el material cortado o bordeando todo el frente de la pila en extracción. Es necesario observar el color y la textura de las pilas, diferenciando y muestreando por separado aquellas cuyas características sean diferentes, debido a que en este tipo de corte el material va cambiando a medida que se profundiza.



Figura 14 Corte con pala en talud menor de 7 metros
(CVG Bauxilum C.A, 2007)

El preparador de muestras se encarga de tomar la muestra, bajo la observación e indicación directa del supervisor, colocando la misma dentro de la bolsa la cual debe estar identificada con la siguiente información:

1. Número de muestra.
2. Número de bloque.
3. Número de Sector.
4. Equipo de Carga.



Figura 15 Toma de muestra en corte con tractor
(CVG Bauxilum C.A, 2007)

Se asegura la bolsa y se realiza la misma operación en cada uno de los frentes operativos, en la extracción del material. Luego se trasladan las muestras recolectadas a la sala de procesamiento físico en orden correlativo, según el número de la muestra para su posterior procesamiento físico.

Procesamiento físico de las muestras de producción

El procesamiento físico de las muestras de producción comprende los siguientes pasos (figura 16):

1. La muestra cruda obtenida en los frentes de extracción (de aproximadamente 10 kg) se introduce en la entrada de la tolva, en la parte superior del molino triturador de alta revolución (HAZEMA), para ser reducida a un tamaño de partícula menor (2 cm).

2. Se coloca la bandeja metálica (de 55x43cm) debajo de la salida del molino triturador y se obtiene la muestra ya triturada.
3. Se vacía la bandeja sobre el mesón, y se procede a homogeneizar el material con ayuda de la pala cuadrada y la cruz de cuarteo, cuarteando en forma de cruz y descartando diagonalmente en dos partes, colocando la parte desechada en la carretilla manual.
4. El material que queda se vuelve a homogeneizar cuarteando de la misma forma, repitiendo este procedimiento hasta completar tres cuarteos.
5. En el último cuarteado se tritura la muestra con mandarina para disminuir aun más el tamaño de las partículas (aproximadamente 0,5 cm).
6. Se coloca el material triturado en una bandeja pequeña (30x20 cm) y seguidamente se pasa por el cuarteador Johns, aceptando una parte y descartando el resto. Repetir hasta completar tres veces este procedimiento.
7. La última parte (aproximadamente 150 g de material húmedo) se coloca en una escudilla de aluminio, y se vierte este material sobre la bandeja de aluminio de 30x20cm para posteriormente colocarlas sobre la plancha de calentamiento (para secado rápido) hasta secar completamente (6 minutos).
8. Una vez que se ha secado, la muestra se pasa al disco pulverizador en el molino y se deja de tres a cinco minutos, luego se saca el material del disco y se coloca en bolsas plásticas de cierre mágico de

12x30 cm, debidamente identificadas con la siguiente información: Fecha, número de muestra correlativa, frente de extracción: Bloque, sector, equipo y pila en formación.

9. Finalmente, las muestras son entregadas al laboratorio para su respectivo análisis químico.

Procesamiento químico de las muestras de producción

Una vez que se les aplica el tratamiento físico, las muestras son sometidas a un tratamiento químico, para determinar el porcentaje de Alúmina, Oxido de Hierro y sílice reactiva por el método de espectrofotometría de absorción atómica y cuarzo por gravimetría.

El proceso comprende los siguientes pasos:

1. Se pesa 0,250 gr de bauxita seca y se transfiere a un beacker de teflón capacidad 100 ml, luego se le agregan 20 ml de ácido ortofosfórico al 85%.
2. Se coloca el beacker con la muestra, un agitador magnético y el ácido ortofosfórico al 85%, en una plancha de calentamiento a 340 ° C, y se procede a su digestión con agitación continua por 25 minutos.
3. Se enfría la solución digerida, se agrega agua destilada (60 ml) y se agita la solución, luego se filtra por succión a través de un papel de filtro Whatman N° 2, cuidando de no dejar residuos en el beacker, el residuo insoluble que queda en el filtro se guarda para determinar posteriormente el porcentaje de cuarzo.

4. El residuo se lava con agua destilada y se recoge en un kitasato, se transfiere a un balón aforado (250 o 500 ml) para luego aforar esta solución.



Figura 16 Procesamiento físico de muestras de Producción:
1:Trituración; 2: Cuarteo en forma de cruz;3:Cuartheador Johns;
4:Secado; 5:Disco pulverizador; 6: Muestra Preparada.
(CVG Bauxilum C.A, 2007)

5. Partiendo de esta solución, es posible determinar el porcentaje de Hierro, Sílice Reactiva y alúmina, mediante la técnica de absorción atómica.
6. Con el residuo insoluble obtenido en el paso 3 se transfiere a crisol pesado previamente (P1), y se introduce en una mufla a 1100°C por 20 min aproximadamente, luego se coloca en un desecador por otros 20 min, y se toma este nuevo peso del crisol (P2).

El porcentaje de cuarzo se calcula con la siguiente formula:

$$\%Cuarzo = \frac{P_2 - P_1}{W} \times 100, \quad \text{Fórmula 1}$$

Donde:

P_1 = peso del crisol vacío

P_2 = peso del crisol luego del tratamiento

W = peso de la masa original.

Estos resultados son entregados al Supervisor de Operaciones Mina encargado del Aseguramiento de la Calidad, donde son cargados inmediatamente a una hoja de cálculo, que le permite al Supervisor determinar el requerimiento del turno, la relación de camiones más idónea y cualquier acción a tomar para mantener la pila y el ponderado del turno dentro de los parámetros.

Análisis de los datos

Para el análisis estadístico de datos se pueden aplicar: los *análisis paramétricos* y los *no paramétricos*. Cada tipo posee sus propias características y presuposiciones que lo sustentan y la elección del investigador sobre qué clase de análisis efectuar depende de estas presuposiciones. Asimismo, cabe destacar que en una misma investigación pueden llevarse a cabo análisis paramétricos para algunas hipótesis y variables, y análisis no paramétricos para otras.

Análisis Paramétricos

Para realizar análisis paramétricos debe partirse de los siguientes supuestos:

1. La distribución poblacional de la variable dependiente es normal: el universo tiene una distribución normal.
2. El nivel de medición de la variable dependiente es por intervalos o por razón.
3. Cuando dos o más poblaciones son estudiadas, éstas tienen una varianza homogénea: las poblaciones en cuestión tienen una dispersión similar en distribuciones (Wiersma, 1986, p.344).

Los métodos paramétricos se aplican a problemas para los cuales se especifica(n) la(s) distribución(es) de donde se obtiene(n) la(s) muestra(s), con excepción de los valores de un número finito de parámetros.

Una de las pruebas paramétricas más utilizadas es el análisis de varianza unidireccional (ANOVA), la cual se utiliza para analizar si dos o más grupos difieren significativamente en cuanto a sus medias y varianzas.

La hipótesis a probar es de diferencia entre dos o más grupos. La hipótesis de investigación propone que los grupos difieren significativamente entre sí y la hipótesis nula propone que los grupos no difieren significativamente.

Análisis No Paramétrico

Para realizar análisis no paramétricos debe partirse de los siguientes consideraciones:

1. La mayoría de estos análisis no requieren de supuestos acerca de la forma de la distribución poblacional. Aceptan distribuciones no normales.
2. Las variables no necesariamente deben de estar medidas en el intervalo de nivel o razón, pueden analizarse datos nominales u ordinales.

Es por estas consideraciones que las pruebas no paramétricas se aplican a observaciones difíciles de cuantificar, y son particularmente útiles para hacer inferencias en situaciones donde existe gran incertidumbre acerca de las suposiciones requeridas por la metodología estándar.

Prueba H de Kruskal-Wallis para un diseño completamente aleatorizado

Es una técnica no paramétrica para probar si las poblaciones difieren en ubicación. Este es el modelo a utilizar para la comparación del frente planificado y del mineral extraído.

En general, se permite que los tamaños muestrales y sea n_i , $i=1, \dots, k$, el tamaño de la muestra seleccionada de la i -ésima población. Se combinan todas las $n_1 + n_2 + \dots + n_k = n$ observaciones y se ordenan del rango 1 (para la menor) hasta el rango n (para la mayor). En caso de empates para un mismo rango, se asigna a cada miembro del grupo empatado el promedio de los rangos que se hubieran asignado a estas observaciones, siendo R_i la suma de los rangos de la población i .

Kruskal y Wallis consideraron el modelo H que se muestra a continuación:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1) \quad \text{Fórmula 2}$$

Donde:

n= Mediciones

Ri= Suma de los rangos para la muestra i;

n_i= Numero de mediciones de la muestra de la población i.

La hipótesis nula de ubicaciones iguales se rechazaría a favor de la alternativa de que las poblaciones difieren en ubicación si el valor de H es grande. Kruskal y Wallis demostraron que si los n_i son “grandes”, la distribución de H según H₀ se puede aproximar mediante una distribución ji-cuadrada con k-1 grados de libertad. Se rechaza H₀ si $H > X^2_{\alpha}$ con (k-1) grados de libertad, partiendo del supuesto que las k muestras se extraen al azar e independientemente.

Calidad del Modelo utilizado para la planificación de datos

Igualmente la Guía del PMI (PMBOK 2004) señala que la calidad tiene dos aspectos fundamentales, por un lado, se puede determinar el grado de satisfacción de las expectativas de los stakeholders, verificando eficientemente la diferencia entre lo que se debe extraer de acuerdo a lo planificado y lo que realmente se extrae del proceso productivo, y por otro lado, una vez finalizado el proceso productivo en un determinado frente previamente planificado se entra en la etapa de operación, verificando las salidas que, es el objetivo de esta investigación y es donde se reflejará la calidad de la entrega de productos con las especificaciones y la confiabilidad requerida

Manejo de la calidad

Por su parte, en términos comunes, la Guía del PMI (PMBOK 2004) señala que la calidad es el cumplimiento de las especificaciones establecidas o el grado de satisfacción a los clientes. Ésta debe ser manejada bajo dos perspectivas complementarias es decir, se debe tener en cuenta durante el desarrollo del proyecto considerando la forma cómo se gerencian los recursos involucrados durante la ejecución de las actividades de explotación. Si es bien manejada se generarán beneficios en reducción de tiempo, retrabajos, pérdida de materiales entre otros. La otra área se refiere al manejo de la calidad final de los productos derivados del proyecto. Si éstos cumplen con los estándares establecidos se reflejará en aumento de producción, aumento de ventas entre otros aspectos.

Gestión de la calidad de un proyecto

La gestión de la calidad de un proyecto, establecida en la Guía del PMI (PMBOK 2004), incluye los procesos requeridos para asegurar que el proyecto satisfará las necesidades por las cuales fue iniciado. Incluye "todas las actividades derivadas de la función gerencial con las que se establece la política de calidad, los objetivos y las responsabilidades, así como su implementación a través de la planificación de la calidad, el aseguramiento de la calidad, el control de calidad y la mejora de calidad, todo en el marco del sistema de calidad". La gestión de la calidad se divide en tres procesos:

Planificación de la Calidad: identificación de los estándares de calidad relevantes para el proyecto y determinación de cómo satisfacerlos.

Aseguramiento de la Calidad: evaluación del desempeño completo del proyecto de manera regular, de modo de brindar confianza en que el proyecto satisfará los estándares de calidad relevantes.

Control de Calidad: verificación de los resultados específicos del proyecto para determinar si cumplen con los estándares de calidad relevantes e identificación de modos de eliminar las causas del desempeño insatisfactorio.

Estos procesos interactúan recíprocamente y con los procesos en las otras áreas de conocimiento. Cada proceso puede implicar el esfuerzo de uno o más individuos o grupos de individuos, según las necesidades del proyecto. Cada proceso ocurre generalmente por lo menos una vez en cada fase del ciclo de vida del proyecto.

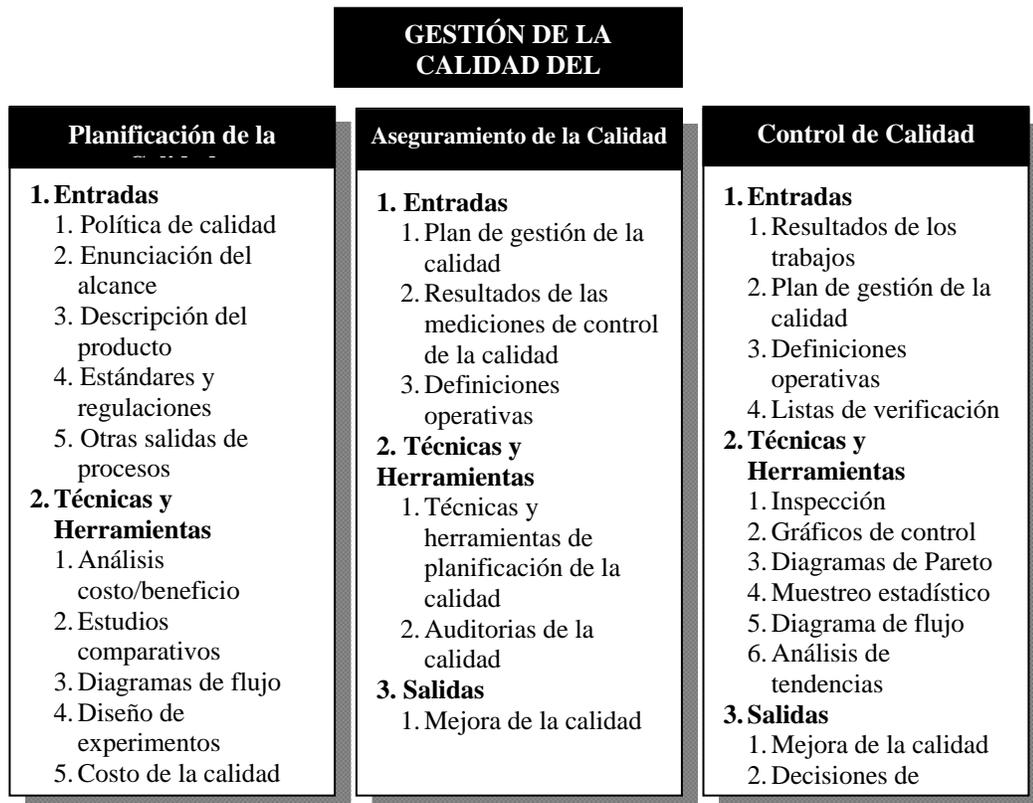


Figura 17 Descripción General de la Gestión de la Calidad de Proyectos. PMI (PMBOK , 2004)

Planificación de la calidad

El liderazgo en calidad requiere que los bienes, servicios y procesos internos satisfagan a los clientes. La planificación de la calidad es el proceso que asegura que estos bienes, servicios y procesos internos cumplen con las expectativas de los clientes.

La planificación de la calidad proporciona un enfoque participativo y estructurado para planificar nuevos productos, servicios y procesos. Involucra a todos los grupos con un papel significativo en el desarrollo y la entrega, de forma que todos participan conjuntamente como un equipo y no como una secuencia de expertos individuales.

La planificación de la calidad no sustituye a otras actividades críticas involucradas en la planificación. Representa un marco dentro del cual otras actividades pueden llegar a ser incluso más efectivas.

La planificación de la calidad implica identificar qué estándares de calidad son relevantes para el proyecto y luego determinar cómo satisfacerlos. Es uno de los procesos facilitadores clave durante la planificación del proyecto y debería ser realizado regularmente y en paralelo con los demás procesos de planificación del proyecto.

La planificación de la calidad se estructura en entradas, técnicas y herramientas y salidas, las cuales se ilustran a continuación.

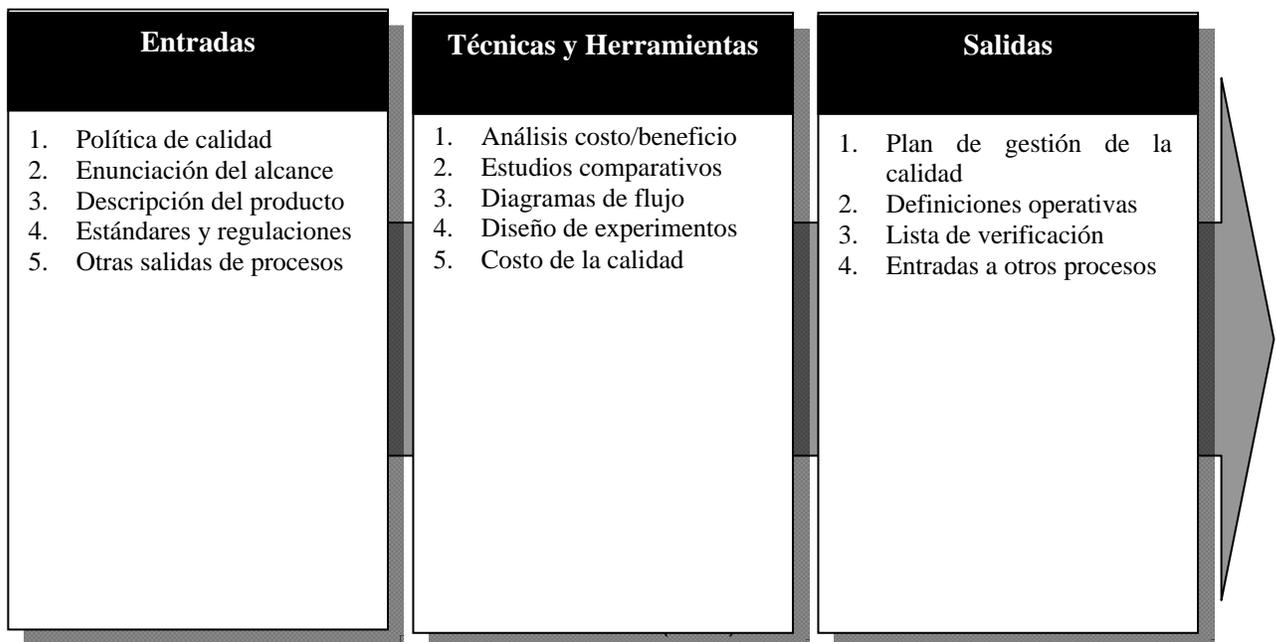


Figura 18 Planificación de la Calidad
PMI (PMBOK , 2004)

Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad consiste de todas las actividades, planificadas y sistemáticas, implementadas en el marco del sistema de calidad, requeridas para brindar confianza en que el proyecto va a satisfacer los estándares de calidad relevantes. Esto debería ser realizado durante todo el proyecto.

El aseguramiento de la calidad es generalmente provisto por un departamento de aseguramiento de la calidad o algún sector de la organización denominado en forma similar, aunque no necesariamente debe ser así.

Este aseguramiento debe ser brindado al equipo de dirección del proyecto y al nivel gerencial de la organización ejecutante del proyecto, o

bien debe ser brindado al cliente y a otros que no están activamente involucrados en el trabajo del proyecto.

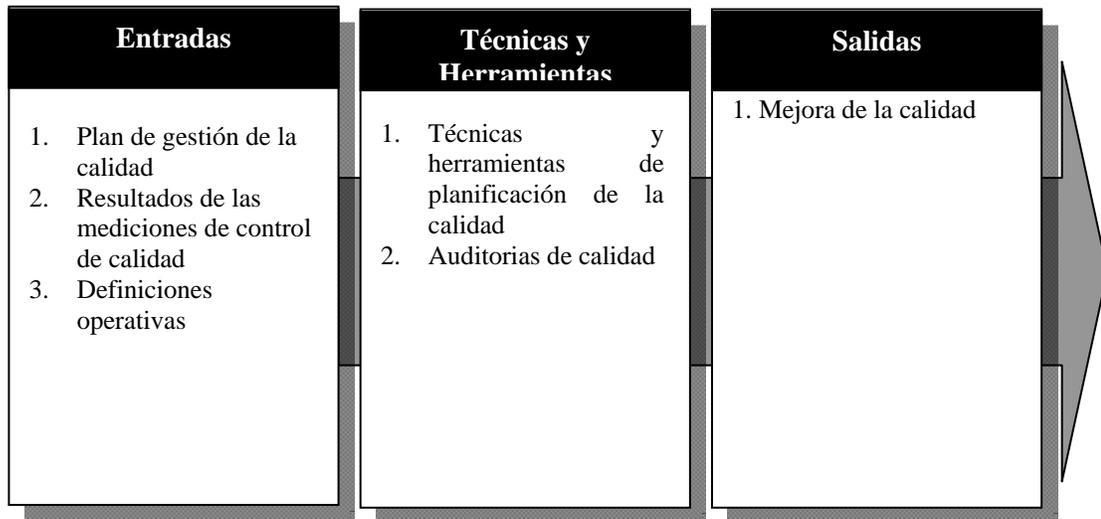


Figura 19 Aseguramiento de la Calidad
PMI (PMBOK , 2004)

Control de la calidad

El control de la calidad implica verificar los resultados específicos del proyecto para determinar si éstos cumplen con los estándares de calidad relevantes e identificar maneras de eliminar las causas de los resultados insatisfactorios. Esto debe ser realizado durante todo el proyecto. Los resultados del proyecto incluyen tanto los referidos al producto de proyecto tales como los entregables, y a los referidos a la dirección del proyecto, tales como los desempeños de costo y cronograma. El control de calidad es, a veces, llevado a cabo por un departamento de control de calidad o por un sector de la organización con una denominación similar, aunque no necesariamente debe ser así.

El equipo de dirección del proyecto debe tener un conocimiento práctico del control estadístico de calidad, especialmente muestreo y

probabilidad, para ayudar a evaluar los resultados del control de calidad. Entre otros aspectos, al equipo puede resultarle útil conocer las diferencias entre:

- Prevención (mantener los errores fuera del proceso) e inspección (evitar que los errores lleguen a manos del cliente).
- Muestreo por atributos (los resultados conforman o no) y muestreo por variables (los resultados son clasificados según una escala continua que mide el grado de conformidad).
- Causas especiales (sucesos inesperados) y causas aleatorias (variación normal del proceso).
- Tolerancias (el resultado es aceptable si cae dentro del rango especificado por la tolerancia) y límites de control (el proceso está bajo control si los resultados caen dentro de los límites de control).

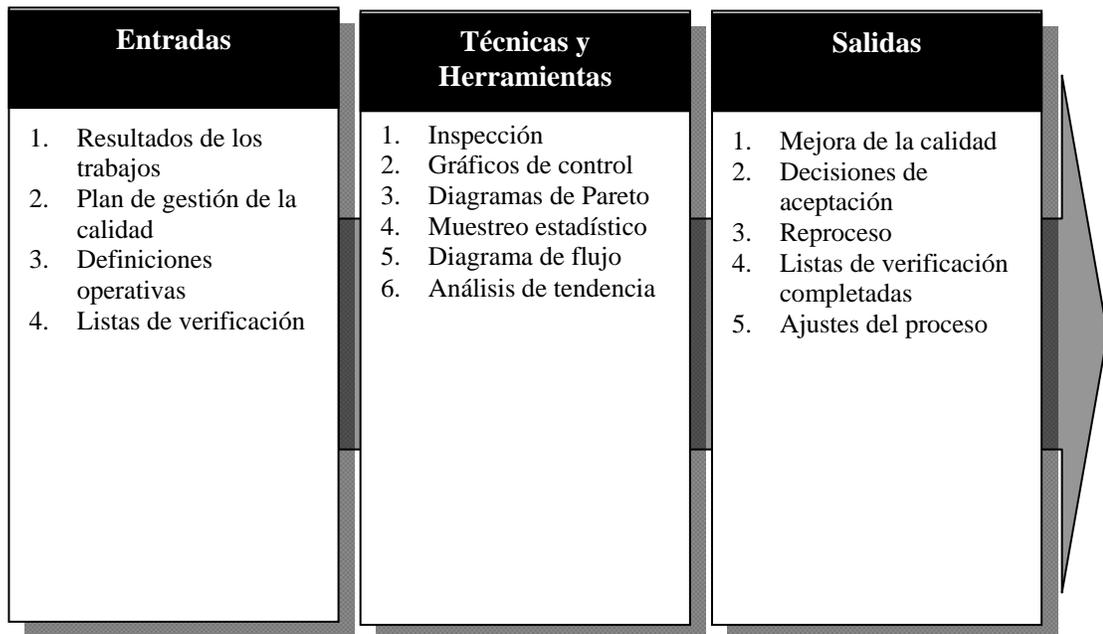


Figura 20 Control de la Calidad.

PMBOK (2004)

Gestión de riesgos de un proyecto

La Guía del PMI (PMBOK, 2004) establece que la Gestión de Riesgos es el proceso sistemático de identificación, análisis y respuesta a los riesgos del proyecto. Ello incluye maximizar las probabilidades y consecuencias de sucesos positivos y minimizar las probabilidades y consecuencias de sucesos adversos a los objetivos del proyecto. En la siguiente figura se observa un panorama general de los siguientes procesos principales:

Planificación de la Gestión de Riesgos: decisión acerca de cómo enfocar y planificar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto.

Identificación de Riesgos: determinación de qué riesgos pueden afectar al proyecto y documentación de sus características.

Análisis Cualitativo de Riesgos: realización de un análisis cualitativo de los riesgos y las condiciones para establecer una prioridad según sus efectos sobre los objetivos del proyecto.

Análisis Cuantitativo de Riesgos: medición de la probabilidad y las consecuencias de los riesgos y estimación de sus implicancias en los objetivos del proyecto.

Planificación de la Respuesta a Riesgos: desarrollo de procedimientos y técnicas para aumentar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

Supervisión y Control de Riesgos: supervisión de riesgos residuales, identificación de nuevos riesgos, ejecución de planes de reducción de riesgos y evaluación de su efectividad durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Estos procesos interactúan recíprocamente y con los procesos en las otras áreas de conocimiento. Cada proceso ocurre generalmente por lo menos una vez en cada fase del proyecto.

El riesgo en un proyecto es un evento o una condición que, si ocurre, tiene un efecto positivo o negativo sobre los objetivos del mismo. Un riesgo tiene una causa y, si ocurre, una consecuencia. Las condiciones de riesgo pueden incluir aspectos del entorno del proyecto que pueden contribuir a los riesgos del mismo, tales como pobres prácticas de dirección del proyecto o la dependencia de participantes externos que no pueden ser controlados.

Los riesgos del proyecto incluyen tanto las amenazas a sus objetivos como las oportunidades de mejora a dichos objetivos. Esto tiene su origen en la incertidumbre que está presente en todos los proyectos. Riesgos conocidos son aquellos que han sido identificados y analizados y que sobre los que no es posible planificar.

Los riesgos desconocidos no pueden ser manejados, aunque los directores de proyecto pueden tenerlos en cuenta mediante la constitución de una contingencia general basada en experiencias pasadas con proyectos similares. Las organizaciones perciben los riesgos por su relación con las amenazas al éxito del proyecto. Los riesgos que son amenazas para el proyecto pueden ser aceptados si están equilibrados con el beneficio que puede ser obtenido al tomarlos. Los riesgos que son oportunidades pueden ser activamente seguidos para beneficiar los objetivos del proyecto.

Para lograr el éxito, la organización debe estar comprometida a aplicar la gestión de riesgos en todo el proyecto. Una medida del compromiso de la organización está dada por su dedicación y constancia en la recolección de datos de alta calidad, tanto de los riesgos como de sus características.

Planificación de la gestión de riesgos

La planificación de la gestión de riesgos es el proceso de decidir cómo enfrentar y planificar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto. Es importante planificar los procesos de gestión del riesgo que siguen, para asegurar que el nivel, el tipo y la visibilidad de la gestión de riesgos estén en proporción tanto con los riesgos como con la importancia del proyecto para la organización.

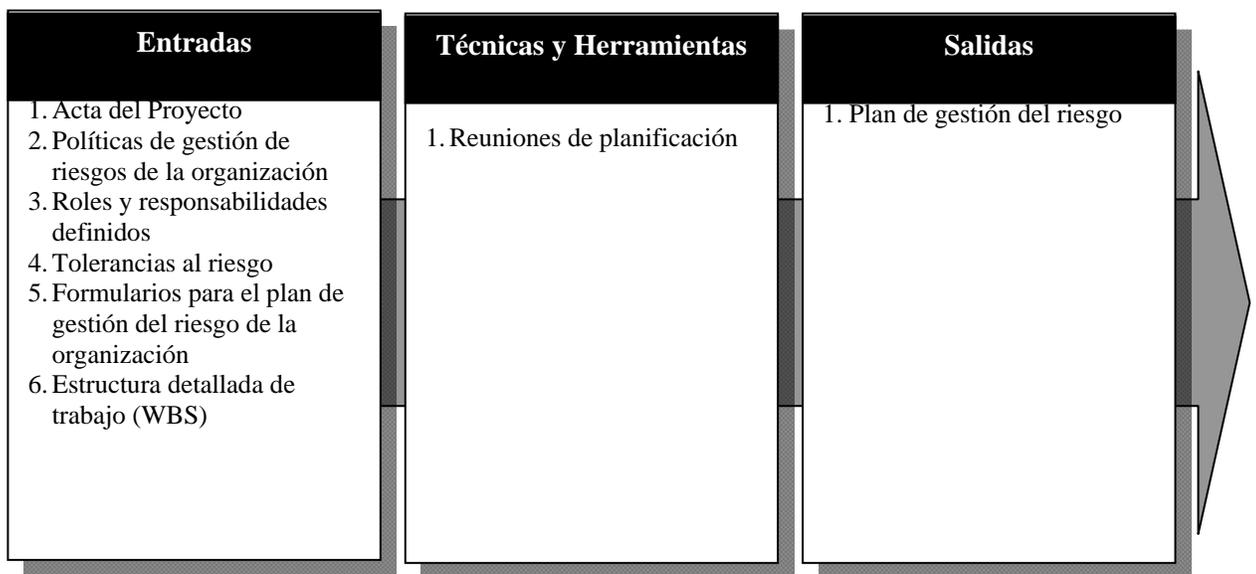


Figura 21 Planificación del Riesgo.
PMI (PMBOK , 2004)

Identificación de riesgos

La identificación de riesgos implica determinar qué riesgos podrían afectar el proyecto y documentar sus características.

Quienes generalmente participan en la identificación de riesgos son: el equipo de proyecto, el equipo de gestión de riesgos, expertos en la materia provenientes de otras áreas de la compañía, clientes, usuarios finales, otros directores de proyectos, interesados en el proyecto y expertos externos.

La identificación de riesgos es un proceso iterativo. La primera iteración puede ser realizada por una parte del equipo del proyecto o por el equipo de gestión de riesgos. El equipo del proyecto en su totalidad y los principales interesados en el proyecto pueden realizar una segunda iteración. Para lograr un análisis imparcial, la iteración final podría ser realizada por personas que no están involucradas en el proyecto.

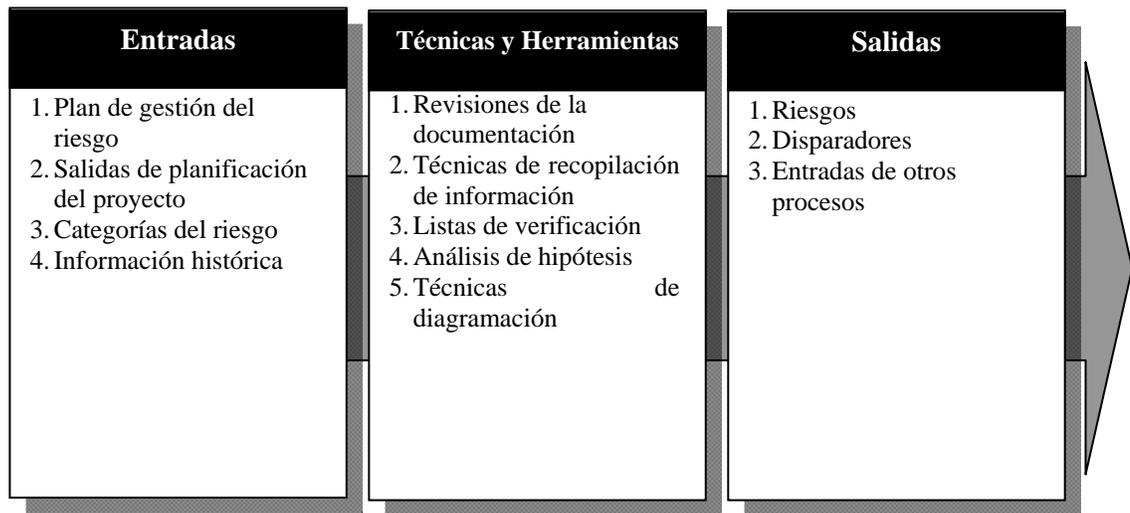


Figura 22 Identificación del Riesgo
PMI (PMBOK , 2004)

Análisis cualitativo de riesgos

El análisis cualitativo de riesgos es el proceso de evaluar el impacto y la probabilidad de los riesgos identificados. Este proceso otorga prioridades a los riesgos de acuerdo con su efecto potencial en los objetivos del proyecto. El análisis cualitativo de riesgos es una forma de determinar la importancia de tratar riesgos específicos y guiar las respuestas a los mismos. La criticidad de los tiempos de acciones relacionadas con riesgos puede aumentar la importancia de un riesgo. Una evaluación de la calidad de la información disponible también ayuda a modificar la evaluación del

riesgo. El análisis cualitativo de riesgos requiere que la probabilidad y consecuencias de los riesgos sean evaluadas usando métodos y herramientas establecidos de análisis cualitativo.

Cuando el análisis cualitativo es repetido, las tendencias en los resultados pueden indicar la necesidad de más o menos acciones de gestión de riesgos. El uso de estas herramientas ayuda a corregir subjetividades que están siempre presentes en un plan de proyecto. El análisis cualitativo de riesgos debería ser continuamente revisado durante el ciclo de vida del proyecto para estar actualizado con los cambios en los riesgos del mismo. Este proceso puede conducir a un análisis adicional en el análisis cuantitativo de riesgos o directamente a la planificación de respuesta a al riesgo.

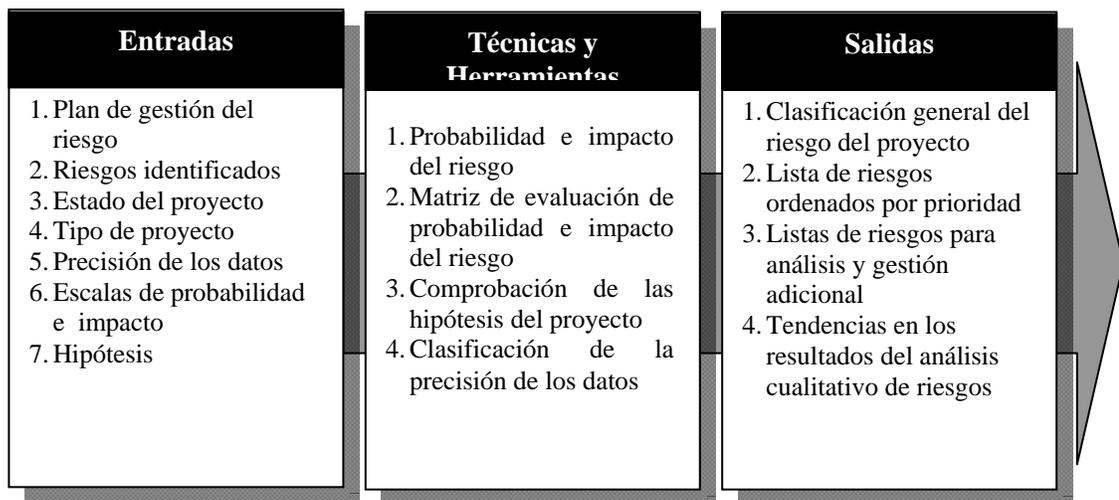


Figura 23 Análisis Cualitativo de Riesgos
PMI (PMBOK , 2004)

Análisis cuantitativo de riesgos

El proceso de análisis cuantitativo de riesgos tiene por finalidad analizar numéricamente la probabilidad de cada riesgo y sus consecuencias en los objetivos del proyecto, como así también la magnitud del riesgo total

del proyecto. Este proceso usa técnicas tales como la simulación Monte Carlo y el análisis de decisiones para:

- Determinar la probabilidad de lograr un objetivo específico del proyecto.
- Cuantificar la exposición al riesgo del proyecto y determinar el tamaño de las reservas de contingencia de costo y tiempo necesarias.
- Identificar los riesgos que requieren una mayor atención mediante la cuantificación de su contribución relativa al riesgo del proyecto.
- Identificar objetivos de costo, tiempo y alcance realistas y alcanzables.

El análisis cuantitativo generalmente sigue al análisis cualitativo de riesgos. Aquél requiere la identificación del riesgo. Los procesos de análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos pueden ser realizados juntos o separados. Consideraciones de disponibilidad de tiempo y presupuesto y la necesidad de enunciados cualitativos y cuantitativos acerca de los riesgos y sus impactos determinarán los métodos a ser usados. Cuando el análisis cuantitativo es repetido, las tendencias en los resultados pueden indicar la necesidad de más o menos acciones de gestión de riesgos.

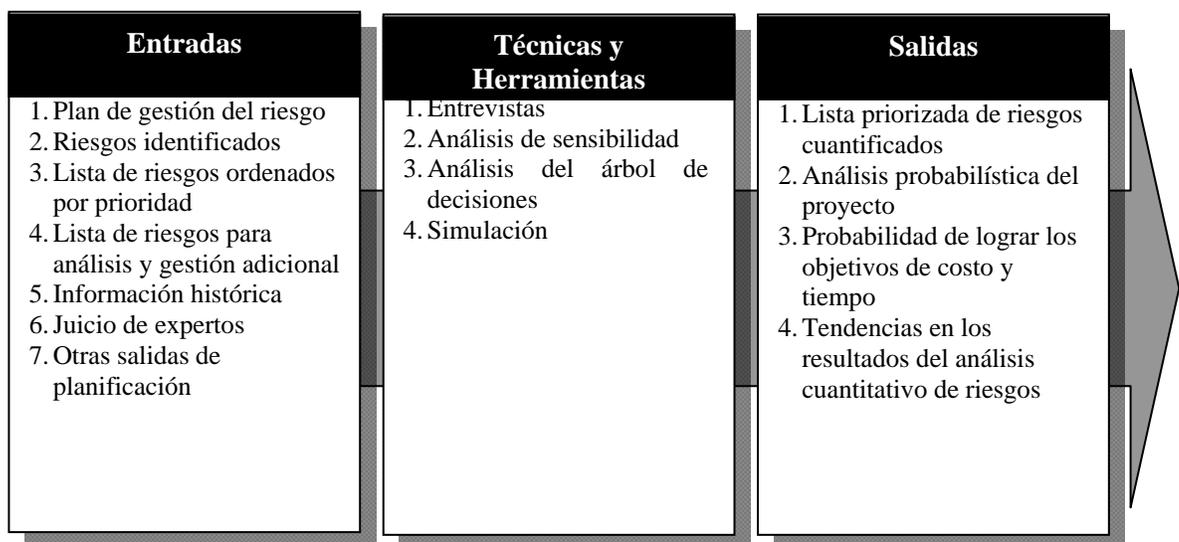


Figura 24 Análisis Cuantitativo de Riesgos
PMI (PMBOK , 2004)

Planificación de la respuesta a riesgos

La planificación de la respuesta a los riesgos es el proceso de desarrollar opciones y determinar acciones para incrementar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. Ello incluye la identificación y asignación de individuos o sectores para tomar la responsabilidad de cada una de las respuestas al riesgo acordadas. Este proceso asegura que los riesgos identificados son tratados apropiadamente. La eficacia de la planificación de las respuestas determinará directamente si el riesgo del proyecto aumenta o disminuye.

La planificación de la respuesta al riesgo debe ser congruente con la severidad del riesgo, con un costo efectivo en relación al desafío, aplicada a tiempo para ser exitosa, realista dentro del contexto del proyecto, acordada por todas las partes involucradas y debe estar a cargo de una persona responsable. A menudo se requiere seleccionar, entre varias opciones, la mejor respuesta al riesgo.

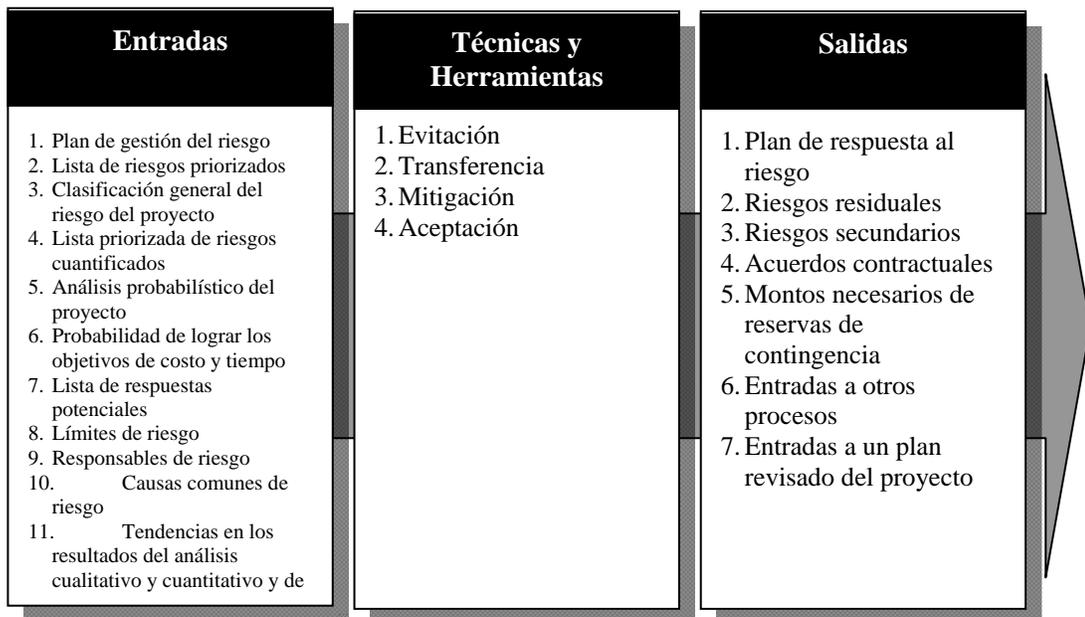


Figura 25 Planificación de la Respuesta
Fuente PMBOK (2004)

Supervisión y control de riesgos

La supervisión y el control de los riesgos es el proceso que se ocupa del seguimiento de los riesgos identificados, de la supervisión de los riesgos residuales y de la identificación de nuevos riesgos, asegurando la ejecución de los planes de riesgo y evaluando su eficacia en la reducción de los mismos. La supervisión y control de los riesgos registra las métricas que están asociadas con la implementación de los planes de contingencia. Éste es un proceso que se realiza continuamente durante todo el ciclo de vida del proyecto. Los riesgos cambian a medida que el proyecto madura; nuevos riesgos aparecen o riesgos previstos desaparecen.

Buenos procesos de supervisión y control de los riesgos proveen información que ayuda a tomar decisiones eficaces en forma anticipada a la ocurrencia del riesgo. La comunicación a todos los interesados en el proyecto es necesaria para evaluar periódicamente la aceptación del nivel de riesgo en el proyecto.

El propósito de supervisar los riesgos es determinar si:

- Las respuestas a los riesgos han sido implementadas como fueron planeadas.
- Las acciones de respuestas a los riesgos son tan efectivas como se esperaba o si se debe desarrollar nuevas respuestas.
- Las hipótesis del proyecto son aún válidas.
- La exposición a los riesgos ha cambiado desde su anterior estado, a través del análisis de tendencias.
- Un disparador de riesgo ha ocurrido.
- Se han seguido políticas y procedimientos apropiados.
- Han aparecido u ocurrido riesgos que no habían sido previamente identificados.

El control de riesgos puede involucrar la elección de estrategias alternativas, la implementación de un plan de contingencia, la toma de acciones correctivas o la re-planificación del proyecto. El responsable de la respuesta al riesgo debería reportar periódicamente al director del proyecto y al líder de riesgo del equipo la eficacia del plan, cualquier efecto no anticipado y cualquier corrección sobre la marcha necesaria para mitigar el riesgo.

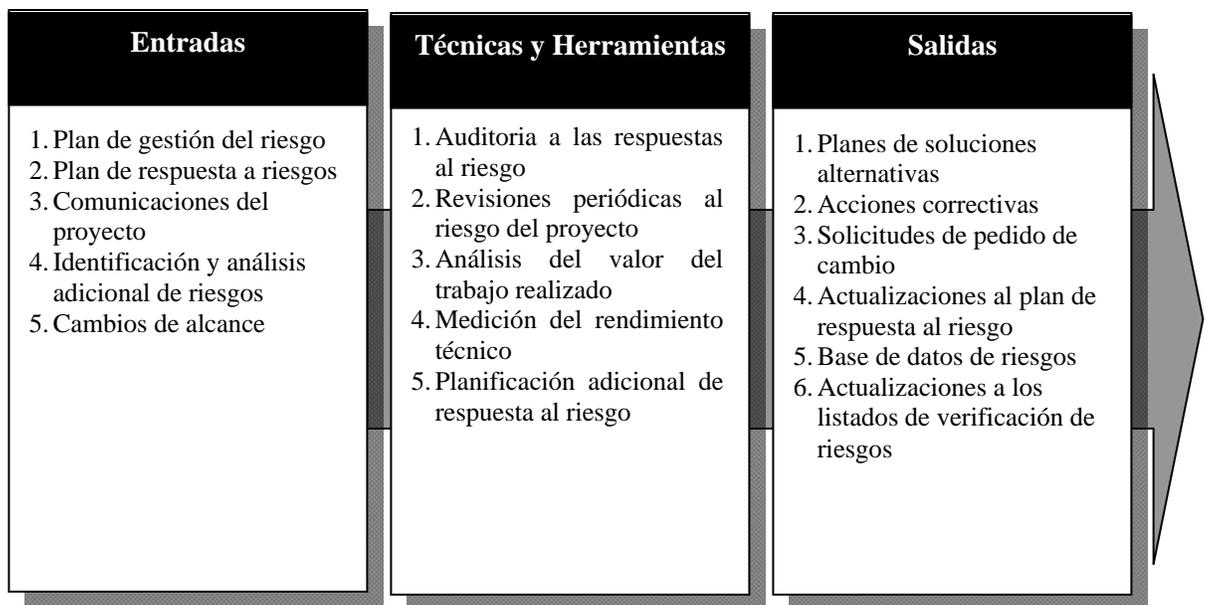


Figura 26 Seguimiento y Control de Riesgos.

PMI (PMBOK , 2004)

Riesgo existente entre el modelo y lo extraído

Cuando se realiza un análisis para un determinado problema podemos identificar varias etapas fundamentales en el proceso:

1. Planteamiento del problema: para esta primera etapa es necesario definir claramente los objetivos del estudio a realizar, con el fin de

poder relacionarlos con valores numéricos de variables observables. Cabe destacar que no siempre es fácil conseguir medidas adecuadas para el aprovechamiento específico que se desea estudiar, y en muchos campos se dedican grandes esfuerzos de investigación a la búsqueda de medidas numéricas que permitan cuantificar ciertas situaciones.

2. Construcción del modelo: Seguidamente se debe establecer qué tipo de relación creemos que poseen entre sí las variables que se especificaron en el paso anterior. Esta relación nos permitirá plantear un modelo es decir, una relación matemática entre las variables con la cual podremos describir el fenómeno bajo estudio.
3. Recolección de la información de la muestra: El paso se realiza una vez definido el problema y planteado el modelo, necesitamos recolectar información que nos permita estudiar su validez. Existen dos tipos de muestras: las muestras no probabilísticas y las probabilísticas. En las primeras, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características del investigador o del que hace la muestra. En las muestras probabilísticas todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos.
4. Estimación de los parámetros del modelo: todo modelo involucra cantidades desconocidas o parámetros. Es necesario disponer de valores, al menos aproximados de estos parámetros con el fin de poder hacer uso del modelo para hacer predicciones o tomar decisiones.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

El Marco Metodológico, es el conjunto de acciones destinadas a describir y analizar el fondo del problema planteado, a través de procedimientos específicos que incluye las técnicas de observación y recolección de datos, determinando el cómo se realizará el estudio, esta tarea consiste en hacer operativos los conceptos y elementos del problema que estudiamos (Manual IUTV, p. 7)

Dado que en la presente investigación se evaluó la variabilidad existente entre el modelo geológico utilizado para la planificación de mina y el resultado obtenido al extraer las muestras, el marco metodológico de la misma comprende los siguientes aspectos:

- 3.1. Tipo de Investigación.
- 3.2. Diseño de Investigación
- 3.3. Población y Muestra.
- 3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos
- 3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de los Datos.

Tipo de Investigación

La presente investigación es un trabajo especial de grado y corresponde a un programa de Especialización en Gerencia de Proyectos. Según la UNESCO (1996), la Gerencia de Proyectos pertenece a la disciplina de Organización y Dirección de Empresas, la cual está ubicada dentro del campo de las Ciencias Económicas.

Los programas de especialización tienen como propósito ampliar y profundizar las competencias profesionales de los egresados, sus trabajos finales se orientan a: a) desarrollar productos o servicios; b) evaluar organizaciones, unidades organizacionales, proyectos o programas y c) modificar condiciones existentes en la organización y dirección de empresas a través de programas de intervención (Yáber y Valarino, 2003, p.4).

La investigación, en términos generales, incluye las actividades que se realizan para generar nuevos conocimientos o resolver problemas. Según Tamayo (citado por Yáber y Valarino, 2003), “cuando la investigación se emplea para generar nuevos conocimientos se le denomina investigación científica mientras que cuando se emplea para resolver problemas se le suele denominar investigación aplicada” (p.6).

En función a lo anterior es posible precisar que esta investigación es del tipo aplicada porque se realizó para entender y dar soluciones a un problema planteado.

La investigación en la disciplina de Gestión de Empresas se puede clasificar en:

- a) Investigación Científica,
- b) Investigación Evaluativa,
- c) Investigación Acción y
- d) Investigación y Desarrollo.

Estos tipos de investigación se diferencian de su propósito y el tipo de problema que abordan (Yáber y Valarino, 2003, p.6).

Para Fernández-Ballesteros (citados por Yáber y Valarino, 2003), las Investigaciones de Tipo Evaluativa “se caracterizan por tener como propósito la sistemática determinación de la calidad o valor de programas, proyectos, planes, intervenciones” (p.7). Por lo tanto, la presente investigación fue de tipo Evaluativo. Principalmente, tiene un enfoque cuantitativo “porque se fundamenta en un esquema deductivo y lógico...” (Hernández, Fernández y Baptista, 2003; p.23).

Diseño de Investigación.

El diseño de esta investigación fue de campo, ejecutado en tres etapas: la primera consistió en realizar un análisis del proceso mediante el cual se planificó el frente de explotación, verificando la metodología y técnicas utilizadas para la recolección de información y tomas de muestras para luego vaciar la información en el Software y finalmente planificar la mina en función del resultado obtenido.

La segunda etapa consistió en estudiar en campo el proceso de extracción del mineral en los frentes planificados, verificando el cumplimiento de la metodología, equipos y técnicas adecuadas para el proceso de extracción del mineral.

La tercera etapa consistió en cruzar la información correspondiente a la salida de la primera y segunda etapa, cotejar los resultados obtenidos en el proceso de planificación de mina y los resultados obtenidos en el proceso de extracción de mineral. En esta fase de la evaluación se realizó un análisis de calidad y riesgo para verificar el impacto que tiene la variabilidad existente sobre el proceso productivo de CVG Bauxilum.

Población y Muestra.

Unidad de Análisis

El área de estudio específica correspondió al Bloque 1 Sector 3, Bloque 3 Sector 3, Bloque 3 Sector 4, y Bloque 3 Sector 6, contemplados en los planes de pila de Junio a Septiembre de 2006 (Anexo 1 Bloques y Sectores del yacimiento Los Pijiguaos). El área de estudio del frente fue un mallado de 25 m x 25 m; ésta es una propiedad que exige el Software Minesight para la obtención de los datos y la posterior planificación del área a explotar,

Las muestras fueron tomadas en el segundo turno de trabajo de la empresa en el área de mina 7:00 a.m. a 3:00 p.m. (el tamaño de la muestra no debe variar de 3" de \emptyset , y la metodología viene dada por la especificación recomendada por el Software Minesight) de cortes de mineral ejecutados con pala y tractor, seleccionando los bloques y sectores en explotación que cumplieran con las características descritas anteriormente (cortes con pala y tractor), para este caso fueron: Bloque 3 Sector 4 y Bloque 3 Sector 6, para los meses de junio a septiembre de 2006 (rango dentro del lapso de explotación del minera, el cual es de mayo a diciembre ya que lo limita el nivel del río Orinoco, medio para transportar el mineral extraído cada año).

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A fin de cumplir con los objetivos del estudio, se empleó una técnica para la recolección de datos; las cual se describe a continuación:

Haciendo uso de un equipo posicionador global (GPS) se ubicaron las coordenadas UTM Reglen de las muestras tomadas en los frentes operativos de producción.

Mediante el software “Transformen” se convirtieron las coordenadas UTM Reglen a coordenadas UTM La Canoa.

Con el programa “Emulador HP” se transformaron las coordenadas UTM La Canoa a coordenadas planas (éstas son las coordenadas con las que se presenta el modelo geológico para planificar la mina con el Software Minesight) para poder plotear las muestras y establecer el modelo geológico

Finalmente se tabulan los datos de las propiedades de la Bauxita, como lo son el Sílice, Cuarzo, Hierro, Alúmina y Sílice Reactiva, planificados en el modelo y los obtenidos en las muestras de producción para su posterior análisis.

Proyecciones planificadas en Función de la Altura del Talud

Es posible realizar proyecciones de la calidad del material bauxítico conociendo la altura del real del talud, ya que por diversas razones, tales como: seguridad y operatividad, no siempre es posible ejecutar el corte programado en el modelo geológico

La metodología empleada para realizar proyecciones fue la siguiente:

1. Haciendo uso de un posicionador global (GPS) se ubicaron las coordenadas U.T.M Regven y la altura del talud de las muestras tomadas en cortes con pala.
2. Mediante el software “Transformen” se convirtieron las coordenadas U.T.M. Regven a coordenadas U.T.M La Canoa.

3. Con el programa “Emulador Hp”, se transformaron las coordenadas U.T.M. La Canoa a coordenadas planas, en las cuales se presenta el modelo geológico.
4. Plotear las muestras en el modelo geológico.
5. Ubicar el número de sondeo más cercano a la muestra y promediar su calidad a los metros correspondientes a la altura real del talud.

Datos obtenidos para el parámetro hierro

Una vez obtenidos los resultados de las muestras de producción para el parámetro químico Hierro, éstos fueron comparados con los mapas de isógradas de la sección de planificación, debido a que el modelo geológico de las áreas estudiadas no cuenta con la calidad estimada para el hierro.

La metodología empleada para el análisis del hierro fue la siguiente:

1. Haciendo uso de un posicionador global (GPS) se ubicaron las coordenadas U.T.M Regven y la altura del talud de las muestras tomadas en cortes con pala y tractor.
2. Mediante el software Transforven se convirtieron las coordenadas U.T.M. Regven a coordenadas U.T.M La Canoa.
3. Con el programa “Emulador Hp”, se transformaron las coordenadas U.T.M. La Canoa a coordenadas planas, en las cuales se presentan los mapas de isógradas de hierro.
4. Plotear las muestras en los mapas de isógradas de hierro.

Para el análisis de hierro sólo se estableció una comparación descriptiva de las muestras, ya que la calidad estimada en las isógradas es

por rangos, y a estos datos no se les puede aplicar el modelo (H) usado para comparar los demás parámetros.

Observaciones del proceso productivo

Al mismo tiempo se hicieron observaciones del proceso productivo en cada turno, para calificar de alguna manera el efecto de los resultados de las muestras de producción, en el proceso de extracción y acarreo del mineral. Para ello se tomaron en cuenta las siguientes variables: toneladas extraídas, rata de producción, movimientos de equipos, y demás incidencias ocurridas durante el turno.

Análisis de los datos en estudio

Una vez que los datos han sido codificados y tabulados, el paso siguiente es el análisis de los mismos. En la figura 19 se esquematiza el procedimiento usual en el análisis de datos.

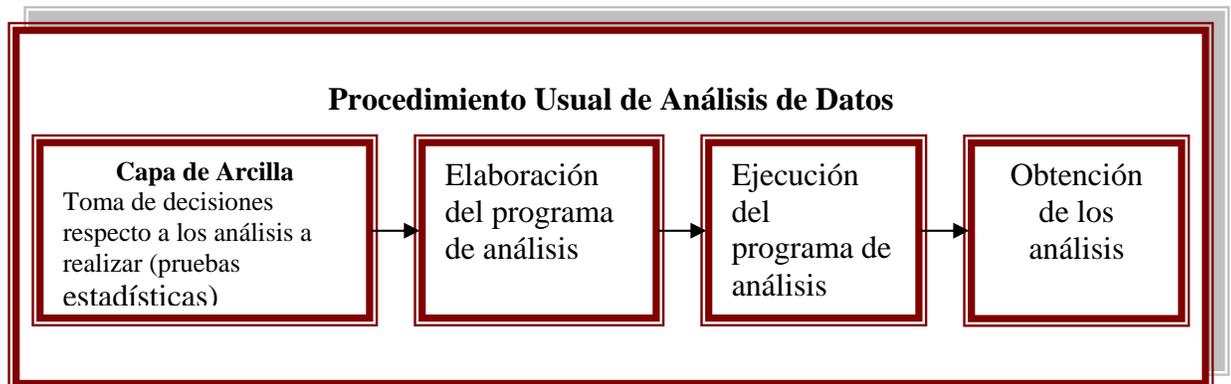


Figura 27 Procedimiento usual para el análisis de datos de las muestras (Roberto Hernández et al, 1994)

Pruebas de análisis de parámetros químicos

Con el objeto de describir los datos (sílice reactiva, sílice cuarzo y alúmina) y posteriormente elegir un análisis acorde para relacionar sus variables, se debe aplicar en primer término, un análisis descriptivo para cada una de las variables, que consiste en graficar la distribución de las puntuaciones o frecuencias.

Elaboración y ejecución del programa de análisis

Una vez determinada la distribución de los datos se escogió para su análisis una prueba no paramétrica denominada Prueba H de Kruskal- Wallis. Es importante destacar en este punto que la selección de este método responde al hecho de que los datos analizados no se ajustan a una distribución normal, aun cuando se intentó a través de transformaciones llevarlos a una distribución normal. El método escogido no supone que los datos sigan distribuciones normales para su ejecución, a diferencia de la paramétrica.

La prueba se efectúa siguiendo los siguientes pasos:

1. Se parte de una hipótesis nula (H_0) y una hipótesis alternativa (H_a):
2. H_0 = las k distribuciones poblacionales son idénticas es decir, las muestras se ajustan al modelo geológico
3. H_a = las distribuciones difieren en ubicación.
4. Se establecen los rangos para las n observaciones, ordenando del rango 1 para la menor hasta el rango n para la mayor. Los empates se

manejan asignando al grupo empatado el promedio de los rangos que se hubieran asignado a estas observaciones.

5. Se aplica el análisis de la prueba para cada muestra

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n+1)$$

6. Se rechaza H_0 si $H > X_{\alpha}^2$ con $(k-1)$ grados de libertad, siendo $k=2$ para este caso.

De esta manera se obtienen los análisis correspondientes a cada caso.

Los datos de hierro se analizaron con gráficos circulares, que permitieron verificar el aporte de cada valor al total es decir, del total de muestras analizadas se calculó el porcentaje de aquellas que se ajustaron a los rangos estimados en las isógradas y el porcentaje de muestras que sufría desviación con respecto a dichos rangos.

Análisis cualitativo: determinación de causas y efectos

En esta etapa, se analizaron las observaciones realizadas en campo para describir cómo influyen los resultados de las muestras de producción en el proceso de extracción y acarreo del mineral.

Se tomaron datos de toneladas y rata de producción para los turnos estudiados en busca del efecto de las variaciones en la producción. También se llevó un seguimiento de los movimientos de los equipos de oruga (tractores y palas) y los cambios surgidos en cuanto a la planificación y producción durante el turno, en función de los resultados de los parámetros químicos de las muestras de producción, para estimar si estas actividades afectan el proceso productivo, específicamente las labores de extracción y acarreo del mineral.

Operacionalización de objetivos

En la tabla 7 se muestra la operacionalización de los objetivos de la investigación indicando las fuentes de obtención de datos e indicadores.

Operacionalización de objetivos						
OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	VARIABLES	DIRECTRICES	FUENTES DE INFORMACIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
	<ul style="list-style-type: none"> Describir los requisitos de calidad establecidos para la bauxita a ser extraída de las minas de CVG Bauxilum Los Pijiguaos 	Técnicas de medición de rendimiento	Exigencias del cliente, necesidades de proveedores	Normas y procedimiento, practica operativa, libros de control, carta de parámetros químicos normalizados	% Calidad de parametro establecido según norma	Tablas, graficos y cuadros
<i>EVALUACIÓN EL IMPACTO QUE GENERA EN LA CALIDAD DEL PROCESO DE EXPLOTACIÓN DE MINERAL DE BAUXITA LA VARIABILIDAD EXISTENTE ENTRE ESTE PROCESO Y EL MODELO TEÓRICO GEOLÓGICO UTILIZADO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA MINA EN LOS PIJIGUAOS</i>	<ul style="list-style-type: none"> Analizar la planificación actual de los frentes de explotación en función del modelo geológico del yacimiento del mineral 	Factores de atraso, Actividades retrasadas	Detección de las causas mas comunes que generan la variabilidad entre el modelo y lo extraido	Resultado de análisis químico en laboratorio, trabajo de campo	% de recurrencia de variabilidad / actividades realizadas	Tablas, graficos y cuadros
	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el grado de adecuación del proceso actual de extracción basado en la caracterización del modelo geológico de planificación de mina. 	Costo	Costo por mano de obra y maquinaria, por la re planificación de la mina	Resultado mensual del total de mano de obra utilizada para explotar el frente. Total de horas utilizadas por los equipos de explotación	% Hrs Hbre Util / Hrs. Hbre Realiz, Nº Hrs Equip Ejec / Nº Hrs Equo Realiz	Tablas, graficos y cuadros
		Calidad	Material fuera de especificaciones	Normas y procedimiento, practica operativa, libros de control	% Toneladas fuera de especificaciones	Tablas, graficos y cuadros
		Productos entregables	Pérdida en tiempo, costo y prestigio por rechazo de mineral por parte de	Cantidad de toneladas devueltas por no estar dentro de los parametros exigidos por el cliente	% Toneladas fuera de especificaciones	Tablas, graficos y cuadros

Tabla 7 Operacionalización de objetivos
Diseño: El Investigador (2007)

CAPITULO IV

PRESENTACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan dos tipos de análisis: el análisis cuantitativo, representado por el análisis para medir la variabilidad del modelo geológico respecto a las muestras de producción; y un análisis cualitativo, conformado por la relación causa-efecto que tienen los resultados de los parámetros químicos de las muestras de producción en el proceso de extracción, carga y acarreo del mineral bauxítico, mediante observaciones en campo.

Análisis Cuantitativo

Para el análisis cuantitativo se consideraron 31 puntos muestrales, con un total de 59 muestras de producción, tomadas en cortes con pala y tractor de los Bloque 3 Sector 4 y Bloque 3 Sector 6, ubicadas espacialmente en el mapa, con la ayuda de un posicionador global (GPS).

En primer lugar se graficaron los datos para apreciar su distribución y variabilidad entre lo planificado y lo verdaderamente extraído (Gráfico 1,2 y 3)

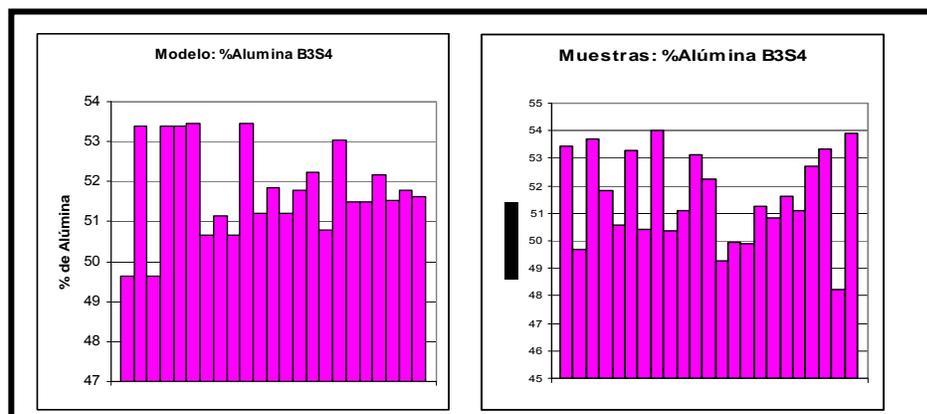


Gráfico 1 Histogramas para los datos de alúmina en el B3S4
Fuente: Cálculos propios

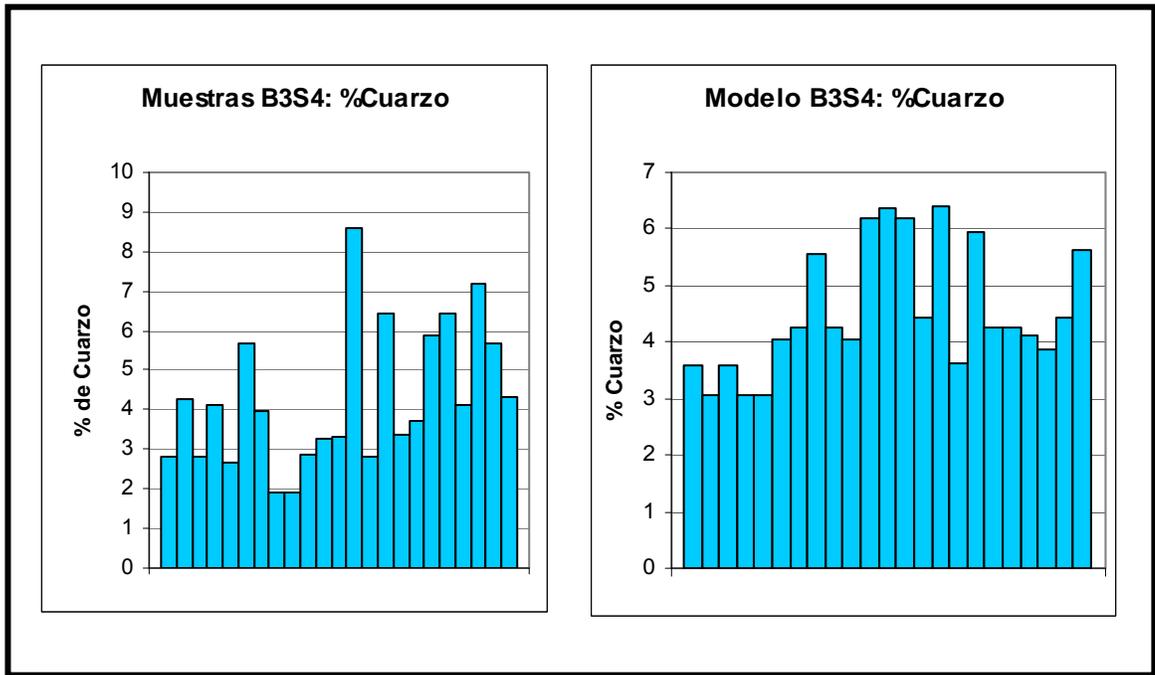


Gráfico 2 Histogramas para los datos de cuarzo en el B3S4
Fuente: Cálculos propios

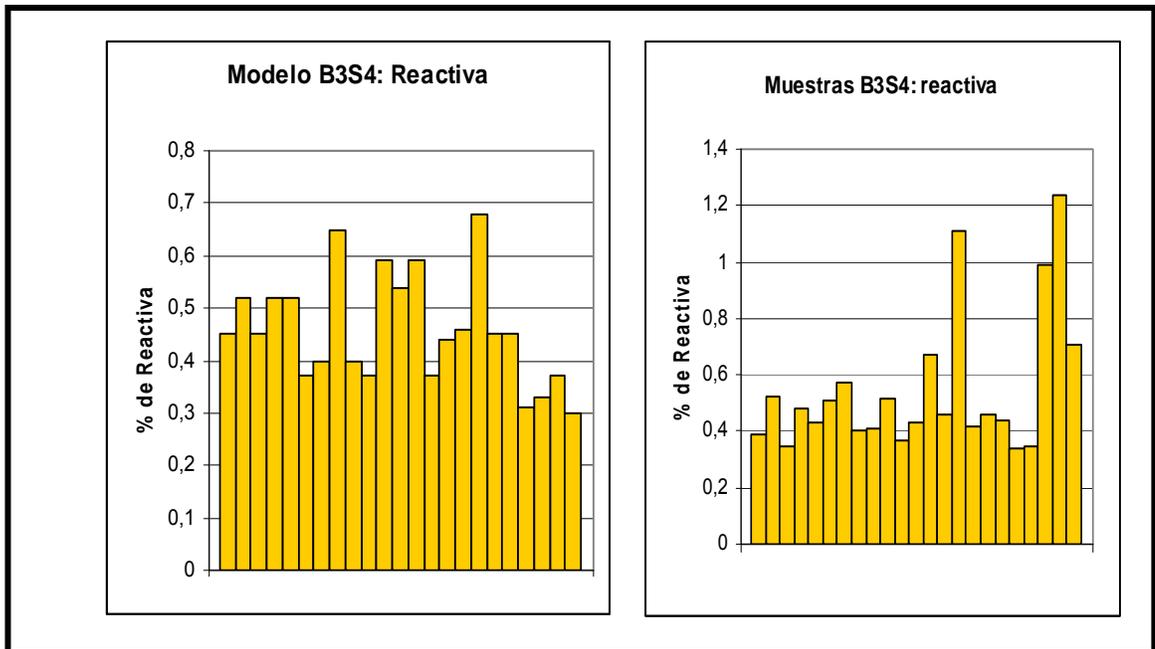


Gráfico 3 Histogramas para los datos de sílice reactiva en el B3S4
Fuente: Cálculos propios

En los histogramas anteriores se puede apreciar que los datos no siguen una distribución normal. En virtud de este comportamiento, se hizo un análisis no paramétrico de los datos, aplicando la prueba de Kruskal-Wallis, obteniéndose los siguientes resultados:

Análisis del Bloque 3 Sector 4 (B3S4)

Para analizar el comportamiento de los datos obtenidos del modelo geológico, con respecto a los datos de las muestras de producción en este bloque, se aplicó la prueba H a los siguientes datos:

1. Todos los datos del Bloque 3 Sector 4.
2. Los datos de Cortes con Tractor.
3. Los datos de Cortes con Pala.
4. Los datos de las proyecciones para los cortes con pala, en función de la altura del talud.

La razón de hacer todas estas discriminaciones, para el análisis estadístico de los datos es, poder comparar la variabilidad según el equipo de corte ya que, en la práctica los cortes con tractor presentan más desviaciones que los cortes con pala.

Datos generales del B3S4

Datos generales de alúmina

Modelo	Rango	Muestras	Rango
49,64	3,5	53,45	41
53,38	39	49,7	5
49,64	3,5	53,68	44
53,38	39	51,85	28,5
53,38	39	50,58	10
53,47	42,5	53,305	36
50,65	11,5	50,40	9
51,15	17	53,99	46
50,65	11,5	50,37	8
53,47	42,5	51,11	16
51,2	18,5	53,12	35
51,85	28,5	52,26	32
51,2	18,5	49,26	2
51,77	26,5	49,95	7
52,24	31	49,9	6
50,8	13	51,26	20
53,05	34	50,85	14
51,49	21,5	51,61	24
51,49	21,5	51,1	15
52,17	30	52,705	33
51,52	23	53,33	37
51,77	26,5	48,23	1
51,62	25	53,89	45
	566,5		514,5

Tabla 8 Datos generales de alúmina para el B3S4
Fuente: Cálculos propios

Los datos de alúmina obtenidos se muestran en la tabla 7. Éstos son el resultado de los promedios de las muestras tomadas en cada uno de los puntos. A estos datos se le calculó el rango, para posteriormente aplicarle el modelo de Kruskal-Wallis, obteniéndose los siguientes resultados:

Aplicando el modelo para cada muestra $H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n+1)$ a los datos de la tabla 7,

$$\text{Tenemos que: } H = \frac{12}{46(46+1)} \left(\frac{566.5^2}{23} + \frac{514.5^2}{23} \right) - 3(46+1)$$

$$H=0.33$$

Para (K-1) grados de libertad, con K=2, tenemos de la tabla $X^2\alpha$ (Apéndice C) para un $X^2_{0.050}$ un valor de 3.84146.

Como $H < X^2_{0.050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas, es decir el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción, para el parámetro químico Alúmina, en el B3S4.

La tabla 8 muestra los resultados obtenidos para el parámetro químico sílice Cuarzo, a estos datos se les aplicó el mismo tratamiento que a los datos anteriores obteniéndose el siguiente valor de H:

$$\text{Tenemos: } H = \frac{12}{46(46+1)} \left(\frac{589^2}{23} + \frac{492^2}{23} \right) - 3(46+1)$$

$$H=1.14$$

Para (K-1) grados de libertad, con K=2, tenemos de la tabla $X^2\alpha$ (Apéndice C) un valor de 3.84146.

Datos generales para el sílice cuarzo

Modelo	Rango	Muestras	Rango
3,58	14,5	2,8	5
3,07	9	4,28	29
3,58	14,5	2,8	5
3,07	9	4,13	23
3,07	9	2,68	3
4,04	20,5	5,685	36
4,27	26,5	3,96	19
5,55	33	1,92	1,5
4,27	26,5	1,92	1,5
4,04	20,5	2,88	7
6,18	39,5	3,26	11
6,35	41	3,34	12
6,18	39,5	8,61	46
4,43	31,5	2,8	5
6,4	42	6,43	43
3,62	16	3,37	13
5,96	38	3,72	17
4,27	26,5	5,87	37
4,27	26,5	6,44	44
4,1	22	4,14	24
3,86	18	7,18	45
4,43	31,5	5,68	35
5,63	34	4,32	30
	589		492

Tabla 9 Datos generales para el Sílice Cuarzo para el B3S4
Fuente: Cálculos propios

Datos generales de sílice reactiva

Modelo	Rango	Muestras	Rango
0,45	23,5	0,39	12
0,52	33	0,525	35
0,45	23,5	0,35	5,5
0,52	33	0,48	29
0,52	33	0,43	18,5
0,37	9	0,51	30,5
0,4	14	0,57	37
0,65	40	0,4	14
0,4	14	0,41	16
0,37	9	0,51	30,5
0,59	38,5	0,37	9
0,54	36	0,43	18,5
0,59	38,5	0,67	41
0,37	9	0,46	27
0,44	20,5	1,11	45
0,46	27	0,42	17
0,68	42	0,46	27
0,45	23,5	0,44	20,5
0,45	23,5	0,34	4
0,31	2	0,35	5,5
0,33	3	0,99	44
0,37	9	1,24	46
0,3	1	0,71	43
	505,5		575,5

Tabla 10 Datos generales de sílice reactiva para el B3S4
Fuente: Cálculos propios

Como $H < X^2_{0,050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir, el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico sílice cuarzo, en el B3S4.

Los datos para la sílice reactiva (tabla 9) se analizaron aplicando el modelo H, de forma análoga a los casos anteriores.

Aplicando el modelo $H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n+1)$ de la tabla 9

Datos de corte con tractor en el B3S4

Modelo	Rango	Muestras	Rango
49,64	2,5	53,45	26
53,38	24	49,7	4
49,64	2,5	53,68	29
53,38	24	51,85	17,5
53,38	24	50,58	9
53,47	27,5	53,305	22
50,65	10,5	50,40	8
51,15	13	53,99	30
50,65	10,5	50,37	7
53,47	27,5	51,11	12
51,2	14,5	53,12	21
51,85	17,5	52,26	20
51,2	14,5	49,26	1
51,77	16	49,95	6
52,24	19	49,9	5
	247,5		217,5

Tabla 11 Datos de alúmina en cortes con tractor del B3S4
Fuente: Cálculos propios

$$\text{Tenemos: } H = \frac{12}{46(46+1)} \left(\frac{505.5^2}{23} + \frac{575.5^2}{23} \right) - 3(46+1)$$

H=0.59

Para (K-1) grados de libertad, con K=2, tenemos de la tabla $X^2\alpha$ (Apéndice C) para un $X^2_{0.050}$ un valor de 3.84146. Como $H < X^2_{0.050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir, el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Sílice Reactiva, en el B3S4.

En esta sección se establece una distinción, para analizar sólo los casos de cortes con tractor, a fin de establecer el comportamiento de estos cortes, y poder comparar los mismos con los cortes efectuados con la pala.

Datos de alúmina en los cortes con tractor del B3S4

Del test no paramétrico de Kruskal-Wallis, aplicado a los datos de alúmina (tabla 10), para los cortes con tractor en el Bloque 3 sector 4 se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\text{Aplicando el modelo } H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n+1) \text{ de la tabla 10}$$

$$\text{Tenemos: } H = \frac{12}{30(30+1)} \left(\frac{247.5^2}{15} + \frac{217.5^2}{15} \right) - 3(30+1)$$

H=0.39

Para (K-1) grados de libertad, con K=2, tenemos de la tabla $X^2\alpha$ (Apéndice C) para un $X^2_{0.050}$ un valor de 3.84146.

Como $H < X^2_{0,050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas, es decir el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Alúmina, en el B3S4, cuando el corte es realizado con tractor.

Datos de sílice cuarzo en los cortes con tractor del B3S4

Modelo	Rango	Muestras	Rango
3,58	13,5	2,8	5
3,07	9	4,28	21
3,58	13,5	2,8	5
3,07	9	4,13	18
3,07	9	2,68	3
4,04	16,5	5,685	24
4,27	19,5	3,96	15
5,55	23	1,92	1,5
4,27	19,5	1,92	1,5
4,04	16,5	2,88	7
6,18	25,5	3,26	11
6,35	27	3,34	12
6,18	25,5	8,61	30
4,43	22	2,8	5
6,4	28	6,43	29
	277		188

Tabla 12 Datos de sílice cuarzo en corte con tractor del B3S4
Fuente: Cálculos propios

Aplicando el modelo $H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n+1)$ a los datos de la tabla 11

$$\text{Tenemos: } H = \frac{12}{30(30+1)} \left(\frac{277^2}{15} + \frac{188^2}{15} \right) - 3(30+1)$$

H=3.41

Para $(K-1)$ grados de libertad, con $K=2$, tenemos de la tabla $X^2\alpha$ (Apéndice C) para un $X^2_{0.050}$ un valor de 3.84146.

Como $H < X^2_{0.050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir, el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Sílice Cuarzo, en el B3S4, cuando el corte es realizado con tractor.

Datos de sílice reactiva en los cortes con tractor del B3S4

Modelo	Rango	Muestras	Rango
0,45	14,5	0,39	6
0,52	21	0,525	23
0,45	14,5	0,35	1
0,52	21	0,48	17
0,52	21	0,43	11,5
0,37	3,5	0,51	18,5
0,4	8	0,57	25
0,65	28	0,4	8
0,4	8	0,41	10
0,37	3,5	0,51	18,5
0,59	26,5	0,37	3,5
0,54	24	0,43	11,5
0,59	26,5	0,67	29
0,37	3,5	0,46	16
0,44	13	1,11	30
	236,5		228,5

Tabla 13 Sílice reactiva en cortes con tractor del B3S4
Fuente: Cálculos propios

Aplicando el modelo $H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n+1)$ para la tabla 12

$$\text{Tenemos: } H = \frac{12}{30(30+1)} \left(\frac{236.5^2}{15} + \frac{228.5^2}{15} \right) - 3(30+1),$$

H= 0,03

Modelo	Rango	Muestras	Rango
50,8	2	51,26	5
53,05	14	50,85	3
51,49	6,5	51,61	9
51,49	6,5	51,1	4
52,17	12	52,705	13
51,52	8	53,33	15
51,77	11	48,23	1
51,62	10	53,89	16
	70		66

Tabla 14 Datos de alúmina de cortes con pala del B3S4
Fuente: Cálculos propios

Para $(K-1)$ grados de libertad, con $K=2$, tenemos de la tabla X^2_{α} (Apéndice C) para un $X^2_{0,050}$ un valor de 3.84146.

Como $H < X^2_{0,050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Sílice Reactiva, en el B3S4, cuando el corte es realizado con tractor.

Corte con pala

Los cortes con pala se realizan de manera bastante diferente a los cortes con tractor. En la práctica son cortes que nos permiten observar cambios en el perfil geológico, y en términos generales, la calidad obtenida de estos cortes se ajusta más al modelo geológico.

Es por ello que se hizo un análisis estadístico para los datos de corte con pala, para constatar cuantitativamente que estos cortes se correlacionan mejor con el modelo geológico, tal como se observa en la práctica.

Datos de alúmina para los cortes con pala en el B3S4

En la tabla 13 se muestran los datos de alúmina para los cortes hechos con pala en el B3S4. Una vez aplicado el estadístico H, de la prueba de Kruskal- Wallis, de manera similar a los casos anteriores, se obtuvo lo siguiente:

$$\text{Tenemos: } H = \frac{12}{16(16+1)} \left(\frac{70^2}{8} + \frac{66^2}{8} \right) - 3(16+1)$$

$$H=0.04$$

Para (K-1) grados de libertad, con K=2, tenemos de la tabla $X^2\alpha$ (Apéndice C) para un $X^2_{0.050}$ un valor de 3.84146.

Como $H < X^2_{0.050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas, es decir el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Alúmina, en el B3S4, cuando el corte es realizado con pala.

Datos de cuarzo para los cortes con pala en el B3S4

Modelo	Rangos	Muestras	Rangos
3,62	2	3,37	1
5,96	14	3,72	3
4,27	7,5	5,87	13
4,27	7,5	6,44	15
4,1	5	4,14	6
3,86	4	7,18	16
4,43	10	5,68	12
5,63	11	4,32	9
	61		75

Tabla 15 Datos de Cuarzo de cortes con Pala del B3S4
Fuente: Cálculos propios

Para $(K-1)$ grados de libertad, con $K=2$, tenemos de la tabla $X^2\alpha$ (Apéndice C) para un $X^2_{0,050}$ un valor de 3.84146.

Como $H < X^2_{0,050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir, el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico sílice Cuarzo, en el B3S4, cuando el corte es realizado con pala.

Aplicando el estadístico
$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n+1)$$

Tenemos:
$$H = \frac{12}{16(16+1)} \left(\frac{61^2}{8} + \frac{75^2}{8} \right) - 3(16+1)$$

H=0.54

Datos de sílice reactiva para los cortes con pala en el B3S4

Modelo	Rango	Muestras	Rango
0,46	11,5	0,42	7
0,68	13	0,46	11,5
0,45	9,5	0,44	8
0,45	9,5	0,34	4
0,31	2	0,35	5
0,33	3	0,99	15
0,37	6	1,24	16
0,3	1	0,71	14
	55,5		80,5

Tabla 16 Datos de sílice reactiva para los cortes con pala en el B3S4
Fuente: Cálculos propios

Aplicando la ecuación de Kruskal-Wallis a los datos de la tabla 5.9 tenemos que $H=1.72$, lo que significa que para $(K-1)$ grados de libertad, con $K=2$, $X^2_{0.050}$ tiene un valor de 3.84146.

Como $H < X^2_{0.050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir, el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Sílice Reactiva, en el B3S4, cuando el corte es realizado con pala.

Proyecciones planificadas para el Bloque 3 Sector 4

Otro punto importante en la investigación, son las proyecciones de la calidad de los parámetros químicos, que puede hacerse a partir de las secciones verticales de los sondeos más cercanos a la muestra, teniendo la altura del talud y la ubicación de las mismas.

A continuación se presentan los resultados para el Bloque 3 Sector 4

Proyección	Rango	Muestras	Rango
50,8	3	51,26	6
53,05	14	50,85	4
52,22	12	53,89	16
51,49	7,5	51,61	9
51,49	7,5	51,1	5
52,1	11	52,705	13
49,83	2	53,33	15
51,77	10	48,23	1
	67		69

Tabla 17 Datos de las proyecciones del B3S4
Fuente: Cálculos propios

De las secciones verticales se toma la calidad del material bauxítico hasta los metros de corte que en realidad tiene el talud, lo cual en teoría debe ser más acertado que lo que está plasmado en el modelo, ya que en el modelo geológico se tiene la calidad planificada de acuerdo a la ley de corte. Estas proyecciones se hicieron solo para los cortes con pala, ya que se dificulta llevar un seguimiento de la altura del talud para cortes con tractor.

Aplicando el modelo $H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n+1)$, a la tabla 16,

se tiene que: $H = \frac{12}{16(16+1)} \left(\frac{67^2}{8} + \frac{69^2}{8} \right) - 3(16+1) = \mathbf{0.01}$.

Para (K-1) grados de libertad, con K=2, el valor de $X^2_{0.050}$ es 3.84146, lo cual quiere decir que como $H < X^2_{0.050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas, es decir la proyección hecha a partir de las secciones verticales, de los sondeos más cercanos a la muestra, se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico alúmina, en el B3S4, cuando el corte es realizado con pala.

Para el cuarzo, aplicando el estadístico de Kruskal-Wallis a la tabla 17, se obtiene un valor para $H = \mathbf{2.48}$.

Para el cuarzo en el Bloque 3 Sector 4:

Proyección	Rango	Modelo	Rango
3,62	5	3,37	4
5,96	14	3,72	6
2,99	2	4,32	10
4,27	8,5	5,87	13
4,27	8,5	6,44	15
2,68	1	4,14	7
3,08	3	7,18	16
4,43	11	5,68	12
	53		83

Tabla 18 Datos de las proyecciones de cuarzo del B3S4
Fuente: Cálculos propios

Para $(K-1)$ grados de libertad, con $K=2$, $X^2_{0,050}$ **H = 3.84146.**

Como $H < X^2_{0,050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir, la proyección hecha a partir de las secciones verticales, de los sondeos más cercanos a la muestra, se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Sílice Cuarzo, en el B3S4, cuando el corte es realizado con pala.

Para la sílice reactiva se tiene:

Proyección	Rango	Muestras	Rango
0,46	10,5	0,42	6
0,68	13	0,46	10,5
0,65	12	0,71	14
0,45	8,5	0,44	7
0,45	8,5	0,34	1
0,38	5	0,35	2,5
0,35	2,5	0,99	15
0,37	4	1,24	16
	64		72

Tabla 19 Datos de Sílice Reactiva de las Proyecciones de Sílice Reactiva del B3S4
Fuente: Cálculos propios

Aplicando el modelo $H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n+1)$, a la tabla 18

se obtiene **H=0.18**. Para (K-1) grados de libertad, con K=2, se obtiene $X^2_{0.050} = 3.84146$.

Como $H < X^2_{0.050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir, la proyección hecha a partir de las secciones verticales, de los sondeos más cercanos a la muestra, se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Sílice Reactiva, en el B3S4, cuando el corte es realizado con pala.

En resumen, el análisis del modelo para el Boque 3 Sector 4 arrojó los siguientes resultados (tabla 19)

1. La alúmina es el parámetro químico que más se ajusta al modelo geológico en el bloque 3 sector 4. De hecho en la práctica se pudo constatar que efectivamente este parámetro no presentó problemas para la conformación de las pilas ya que, a parte de tener un alto porcentaje de alúmina, la variación de ésta es muy pequeña.
2. La sílice reactiva es, después de la alúmina, el parámetro químico que ofrece menor variación. En este bloque la sílice reactiva es bastante baja y al igual que la alúmina presenta muy poca variación con respecto al modelo geológico.
3. El cuarzo es el parámetro químico que presenta la mayor variabilidad con respecto al modelo, en el bloque 3 sector 4. En especial, en los cortes efectuados con tractor, los resultados de las muestras suelen variar constantemente, impidiendo hacer proyecciones de este parámetro.
4. En términos generales, se puede decir que el modelo del B3S4 se ajusta bastante bien a lo obtenido en las muestras de producción, y que las mayores variabilidades (en el cuarzo) coinciden con lo observado en campo.

B3S4	Todos los datos	Corte con tractor	Corte con pala	Corte con pala Vs proyección
Alúmina	0.33	0.39	0.04	0.01
Sílice Cuarzo	1.14	3.41	0.54	2.48
Sílice Reactiva	0.59	0.03	1.72	0.18

Tabla 20 Resumen de las variaciones obtenidas para el B3S4
Fuente: Cálculos propios

Análisis del Bloque 3 Sector 6

Para analizar el comportamiento de los datos obtenidos del modelo geológico con respecto a los datos de las muestras de producción en este bloque, se aplicó la prueba H a la siguiente data:

1. Datos del B3S6 de cortes realizados con pala.
2. Datos del B3S6 de las proyecciones realizadas a partir de las secciones verticales para los cortes con pala.

Datos del B3S6 de cortes realizados con pala

Las tablas que se muestran a continuación contienen datos de alúmina, cuarzo, y sílice reactiva, para los cortes realizados con pala, en el B3S6. A estos datos se les aplicó el análisis de Kruskal-Wallis, obteniendose los siguientes resultados:

Modelo	Rango	Muestras	Rango
48,64	8	47,685	6
49,9	12	46,77	3
46,21	2	47,28	4
50,3	15,5	49,59	11
50,3	15,5	50,15	14
48,51	7	47,40	5
49,3	9,5	50,00	13
49,3	9,5	45,57	1
	79		57

Tabla 21 Datos de alúmina del B3S6
Fuente: Cálculos propios

Análogo a todos los casos anteriores, se le aplicó el estadístico H a los datos de la tabla 20, obteniendo un valor de **H=1.33**, para la alúmina en el Bloque 3 Sector 6.

Para (K-1) grados de libertad, con K=2, se obtiene de la tabla X^2_{α} (Apéndice C) para un $X^2_{0.050}$ un valor de **3.84146**.

Como $H < X^2_{0.050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas, es decir el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Alúmina, en el B3S6, cuando el corte es realizado con pala.

Para el Cuarzo (tabla 21), se obtuvo un valor de $H=1.86$, lo que quiere decir que el cuarzo también se ajusta al modelo geológico, cuando el corte es realizado con pala.

Modelo	Rango	Muestras	Rango
9,13	14	10,13	16
7,37	7	8,62	11
8,37	10	8,98	13
6,74	2,5	7,50	9
6,74	2,5	7,19	4
7,47	8	8,79	12
7,35	5,5	4,97	1
7,35	5,5	10,09	15
	55		81

Tabla 22 Datos de Cuarzo del B3S6
Fuente: Cálculos propios

Los resultados para la sílice reactiva, se muestran en la tabla 22. Aplicando el estadístico H a estos datos se obtuvo un valor de **H = 1.59**. Para (K-1) grados de libertad, con K=2, se obtiene de la tabla $X^2\alpha$ (Apéndice C) para un $X^2_{0.050}$ un valor de **3.84146**.

Como $H < X^2_{0.050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir, el modelo geológico se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Sílice Reactiva, en el B3S6, cuando el corte es realizado con pala.

Modelo	Rango	Muestras	Rango
2,6	15	1,81	11
1,64	9	2,36	14
4	16	2,28	13
0,78	3,5	1,22	8
0,78	3,5	1,18	7
0,95	6	1,98	12
0,75	1,5	0,92	5
0,75	1,5	1,65	10
	56		80

Tabla 23 Datos de Sílice Reactiva del B3S6
Fuente: Cálculos propios

Proyecciones para el B3S6

Para el Bloque 3 Sector 6, se hicieron proyecciones de los parámetros alúmina, cuarzo y sílice reactiva de la misma forma que se realizó con el Bloque 3 sector 4, para verificar estadísticamente si estos resultados se ajustan a lo obtenido en los frentes de producción.

Proyección	Rango	Muestras	Rango
9,05	13	10,13	15
6,67	3	8,62	10
4,72	1	8,98	12
7,6	8,5	7,50	7
7,6	8,5	7,19	4
7,47	6	8,79	11
7,35	5	4,97	2
10,15	16	10,09	14
	61		75

Tabla 24 Datos de proyecciones de Alúmina del B3S6
Fuente: Cálculos propios

Aplicando el estadístico $H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n+1)$, a los datos de la tabla

23 obtuvimos un valor de **H = 0.89**

Para (K-1) grados de libertad, con K=2, se obtiene de la tabla $X^2\alpha$ (Apéndice C) para un $X^2_{0.050}$ un valor de **3.84146**.

Como $H < X^2_{0.050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir, la proyección realizada a partir de las secciones verticales, de los sondeos más cercanos a la muestra, se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Alúmina, en el B3S6, cuando el corte es realizado con pala.

Los datos para el cuarzo se muestran en la tabla 5.18, y para estos datos **H=0,54**

Modelo	Rango	Muestras	Rango
49,54	9	47,685	6
49,61	11	46,77	2
47,18	3	47,28	4
49,63	12,5	49,59	10
49,63	12,5	50,15	16
48,51	7	47,40	5
49,3	8	50,00	15
49,83	14	45,57	1
	77		59

Tabla 25 Datos de proyecciones de Alúmina del B3S6
Fuente: Cálculos propios

Para (K-1) grados de libertad, con K=2, se obtiene de la tabla X^2_{α} (Apéndice C) para un $X^2_{0,050}$ un valor de **3.84146**.

Como $H < X^2_{0,050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas, es decir la proyección realizada a partir de las secciones verticales, de los sondeos más cercanos a la muestra, se ajusta a los resultados obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Sílice cuarzo, en el B3S6, cuando el corte es realizado con pala.

Para la sílice reactiva (tabla 25), se obtuvo un valor de **H= 3.57**. Para (K-1) grados de libertad, con K=2, tenemos de la tabla X^2_{α} (Apéndice C) para un $X^2_{0,050}$ un valor de **3.84146**.

Como $H < X^2_{0,050}$, se acepta la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas, es decir la proyección realizada a partir de las secciones verticales, de los sondeos más cercanos a la muestra, se ajusta a los resultados

obtenidos en los frentes de producción para el parámetro químico Sílice reactiva, en el B3S6, cuando el corte es realizado con pala.

Modelo	Rango	Muestras	Rango
1,59	9	1,81	13
1,78	12	2,36	16
1,62	10	2,28	15
0,89	2,5	1,22	7
0,89	2,5	1,18	6
0,95	5	1,98	14
0,75	1	0,92	4
1,43	8	1,65	11
	50		86

Tabla 26 Datos de proyecciones de Sílice Reactiva del B3S6
Fuente: Cálculos propios

En resumen el análisis estadístico para el bloque 3 Sector 6 arrojó los siguientes resultados:

1. A pesar de que podemos afirmar que el modelo del B3S6 se ajusta a lo obtenido en las muestras de producción, la variabilidad de este bloque es mayor en comparación con el B3S4.
2. Este bloque muestra mayor variabilidad en el cuarzo y la sílice reactiva, lo cual se comprueba en la práctica, pues presenta mayores inconvenientes en cuanto a estos dos parámetros. De hecho los cortes son bastantes bajos para evitar llegar a la capa de arcilla, que altera los resultados de las muestras.

- Es de esperarse que en el parámetro alúmina también haya variaciones, en caso de que el corte toque la capa de arcilla o se encuentre muy cercano a ésta, lo que suele suceder por motivos de operatividad.

En la tabla 26 se hace un resumen de los resultados obtenidos en el análisis estadístico del Bloque 3 Sector 6 (B3S6).

B3S6	Corte con Pala	Proyección
Alúmina	1.33	0.89
Cuarzo	1.86	0.54
Reactiva	1.59	3.57

Tabla 27 Resumen de la variabilidad para el B3S6
Fuente: Cálculos propios

Análisis del Hierro

Para llevar a cabo un análisis del comportamiento del hierro fue necesario recurrir a las isógradas usadas por la sección de planificación ya que, para las áreas estudiadas el modelo geológico no presenta la calidad estimada para este parámetro.

De las isógradas se obtienen los siguientes rangos: $Fe_2O_3 \geq 13\%$ y $Fe_2O_3 < 13\%$. Con esta información no se puede aplicar el método no paramétrico usado en la sección anterior, por lo que se recurrió a la estadística descriptiva, haciendo uso de gráficos circulares que nos permitieron cuantificar el porcentaje de muestras que se ajustan a lo planteado en las isógradas y el porcentaje de muestras que presentaron desviaciones respecto a los rangos de las isógradas (Gráfico 4).

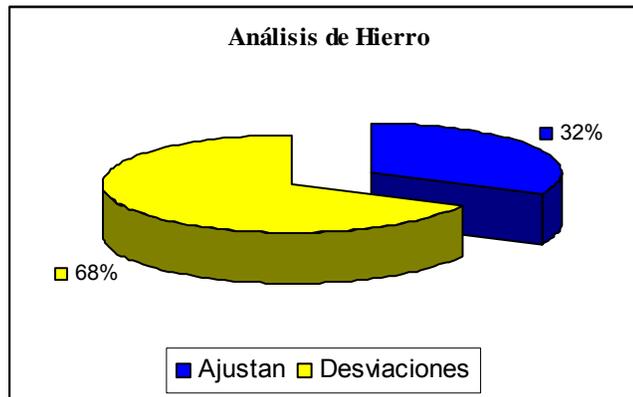


Gráfico 4 Análisis de hierro
Fuente: Cálculos propios

Análisis de Hierro para el B3S4

En el bloque 3 Sector 4 se presentan a menudo problemas en cuanto al hierro. Es común ver en el perfil geológico de este sector lentes de hierro que provocan desviaciones respecto al modelo. Solo el 30% de los promedios de las muestras tomadas se ajustan a las isógradas de hierro para este sector (Gráfico 5).

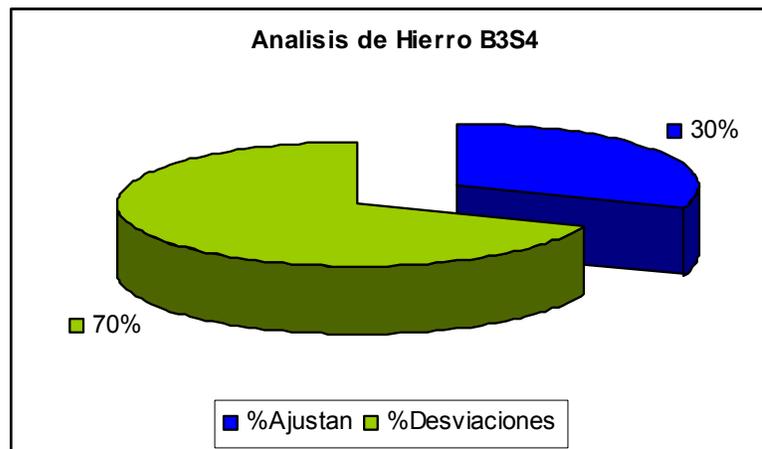


Gráfico 5 Análisis de hierro para el B3S4
Fuente: Cálculos propios

Análisis de hierro para el B3S6

En el parámetro químico Hierro, el Bloque 3 Sector 6 presenta menor variación (Gráfico 6), en comparación con el Bloque 3 Sector 4. Un 50% de las muestras se ajustan a lo mostrado en las isógradas. El gráfico muestra el comportamiento de este sector.

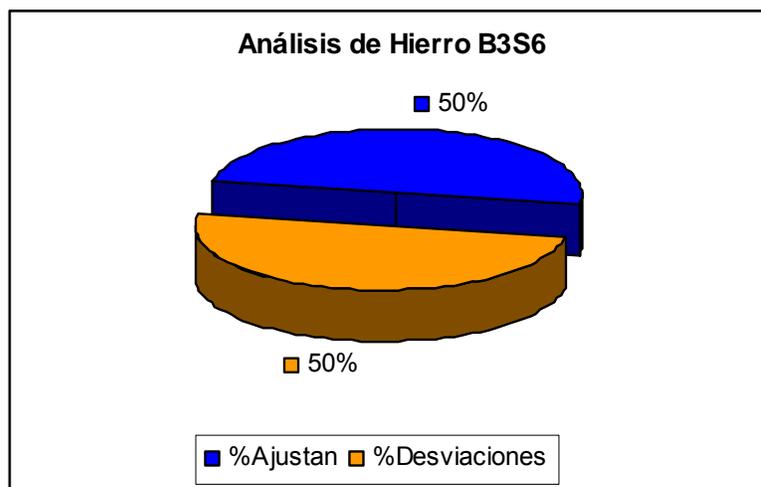


Gráfico 6 Análisis de hierro para el B3S6
Fuente: Cálculos propios

Análisis cualitativo: causas

En la sección anterior comprobamos estadísticamente que el modelo geológico se ajusta bastante bien a lo obtenido en las muestras de producción, lo cual valida la confiabilidad del mismo.

Sin embargo, en la práctica, suelen ocurrir variaciones puntuales. Conocer las causas de estas pequeñas variaciones es de vital importancia, para tomar medidas al respecto, mitigando su efecto, tanto en la calidad de la pila, como en las operaciones de producción. Se identificaron cuatro causas principales, a partir de las observaciones en campo, que se definen a continuación:

1. Problemas con el corte: la calidad programada en el modelo geológico se hace en función del corte. Por esta razón, el hecho de hacer cortes por debajo o por encima de lo programado, constituye una causa de desviación de las muestras con respecto al modelo. El equipo de corte también influye en los resultados, notándose en la práctica que los cortes con tractor, ocasionan mayor variabilidad que los cortes con pala. Esta causa se identificó como la principal, teniendo la mayor frecuencia de ocurrencia en la observación.
2. Cambios en el perfil geológico: Es la segunda causa más importante que genera variabilidad respecto al modelo y se refiere a los casos donde el hierro es bastante alto, producto de lentes de hierro claramente identificables en cierta zona del talud (figura 21), que no reflejan un resultado realmente representativo de todo el corte. También se refiere a casos donde aparecen saprofitas (figura 20), que alteran los resultados de las muestras, en cuanto a cuarzo y sílice reactiva.
3. Problemas de Muestreo: si el muestreo no se realiza acorde con el perfil geológico, observando la naturaleza del material a muestrear, esto puede dar lugar a desviaciones, sobre todo para el caso de los turnos nocturnos. Para asegurar un diagnóstico objetivo de esta causa solo se tomaron en cuenta aquellos casos en los que el criterio del planificador aseguraba que la mala toma de muestras era la causa de la variabilidad, y un re-análisis de la misma confirmó que la opinión era la adecuada.
4. Capa de Arcilla o corte de Piso: se refiere a aquellos casos en los que se ha llegado al piso o se corta parte de la capa de arcilla (Figura 22).



Figura 28 Fotografía de una Saprilita encontrada en el B3S6
CVG Bauxilum, C.A 2007



Figura 29 Lente de Hierro en el Perfil geológico del B3S4
CVG Bauxilum, C.A 2007



Figura 30 Capa de Arcilla, claramente identificable en el B3S6
CVG Bauxilum, C.A 2007

Análisis cualitativo (impacto en la producción)

Las variaciones puntuales que ocurren entre el modelo geológico y las muestras de producción así como los resultados de los parámetros químicos en dichas muestras, aún cuando estos resultados no representen variación alguna con respecto al modelo, influyen directamente en el proceso productivo.

Para estimar este impacto se tomaron por turnos la rata de producción y las toneladas; pero estas dos medidas no son indicadores del impacto de las variaciones en la producción ya que, dependen de muchos otros factores, notándose que hay turnos con muchas variaciones en cuanto a parámetros químicos, en los que se hacen muchas toneladas, y otros sin variaciones donde se produce igual número de toneladas.

Los resultados de los análisis químicos en las muestras de producción, traen consigo una serie de actividades hechas en pro de mantener la calidad de la pila en formación. Mediante las observaciones hechas en campo, se pudo determinar que cuando ocurren variaciones puntuales respecto al modelo, o cuando los resultados de las muestras de producción no son satisfactorios para la pila en formación, se sigue, generalmente, la siguiente rutina:

1.- El supervisor de aseguramiento le informa al supervisor de planificación, la necesidad de una alternativa para controlar determinado(s) parámetro(s).

2.- El supervisor de planificación, revisa los mapas, los cortes de remanente, las muestras de material apilado, pilas de emergencia, y cualquier otra alternativa.

3.- Una vez que el planificador tiene definida la alternativa, le informa al supervisor de producción, para que tome las acciones correspondientes, que generalmente son las siguientes estrategias:

- a. Cambiar la relación de camiones
- b. Cortar material de otro frente (suelen ser remanentes).
- c. Acondicionar un frente alternativo
- d. Cargar material apilado
- e. Parar un frente de explotación.

Es común para todos los casos y para casi todos los turnos, el cambio en la relación de camiones, las estrategias restantes se traduce generalmente en movimientos de tractores y palas.

Movimiento de Tractores y Palas

Todas las estrategias mencionadas anteriormente se traducen en el movimiento de los equipos de carga, acarreo y apoyo. En esta investigación vamos a analizar particularmente el caso de los movimientos de equipos de oruga (tractores y palas) ya que, por especificaciones del fabricante, estos equipos deben transportarse en un lowboy, cuando sea necesario moverlas grandes distancias.

Movimientos de Pala

Es muy importante destacar, como se mencionó en secciones anteriores que los movimientos de equipos en sí, no impide la realización de las metas, pero constituyen uno de los factores que afecta el proceso productivo. Es decir, se puede llegar a la meta, pero al realizar movimientos innecesarios, no se logra la mejor utilización de los recursos.

De hecho, León y Villasana (2004) determinaron que el movimiento de equipos es la segunda causa que afecta el proceso productivo.

La recomendación del fabricante para movilizar estos equipos es remolcándolos, ya que, como se indica en el manual de operaciones y mantenimiento CATERPILLAR, los rodillos de la oruga, los rodillos

corredores, las ruedas guías y los motores de viaje, pueden sobrecalentarse cuando se mueve la máquina grandes distancias.

Para realizar estos movimientos, solo en casos muy necesarios, se hacen una serie de recomendaciones que deben ser tomadas en cuenta para ejecutar el traslado, una de las más importantes es el monitoreo de la temperatura con un termómetro láser infrarrojo.

Los movimientos de pala más comunes durante esta investigación se mencionan en la tabla 27. Para tener una visión más amplia de lo que representa cada movimiento se hizo una relación de las toneladas dejadas de cortar al efectuar el traslado.

Movimientos	Distancias (m)	Tiempo estimado del movimiento (min)	Toneladas dejadas de cortar
B3S4 al B3S6	2300	60	1874.16
B3S4 al B3S3	3400	90	2811.24
B3S4 al B3S7	600	15	468.54
B3S4 al B3S8	1550	40	1249.44
B3S6 al B3S3	1100	30	937.08
B3S8 al B3S6	1100	30	937.08

Tabla 28 Movimiento de las Palas 5130

Farfan 2006

Equipo	Marca	Modelo	Producción (t/h)
Pala Hidráulica	CATERPILLAR	5130	1874.16

Tabla 29 Producción de pala hidráulica CAT 5130 (Farfán, 2006)

Farfan 2006

Para obtener estas toneladas se consultó la tabla 28 de producción de la pala hidráulica CAT 5130, en t/h, elaborada por Farfán (2001).

Movimiento de Tractores

Los movimientos de tractores ocurren con marcada frecuencia durante el turno, los movimientos se realizan comúnmente por los bloques mencionados anteriormente para las palas

Para obtener estas toneladas se consultó la tabla 29 de producción del tractor de orugas DR9, en t/h, elaborada por Farfán (2001).

Equipo	Marca	Modelo	Producción (t/h)
Tractor de orugas	CATERPILLAR	D9R	1553.44

Tabla 30 Producción del tractor de orugas DR9
Farfan 2006

Movimientos	Distancias (m)	Tiempo estimado del movimiento (min)	Toneladas dejadas de cortar
B3S4 al B3S6	2300	20	517.81
B3S4 al B3S3	3400	30	776.72
B3S4 al B3S7	600	5	129.45
B3S4 al B3S8	1550	15	388.36
B3S6 al B3S3	1100	10	258.90
B3S8 al B3S6	1100	10	258.90

Tabla 31 Movimiento de los tractores de oruga
Farfan 2006

Evaluación de la Gestión de la Calidad

Al “correr” la Guía de Verificación diseñado para valorar los procesos de Gestión de la Calidad establecidos en el PMBOK (Ver Anexo 1), sobre el *Project Charter* o *Documento de Definición del Proyecto* se observó lo siguiente:

Planificación de la Calidad fue muy alta. El proceso describe un control durante el proceso en cuanto a estándares de calidad y a especificaciones técnicas exigidas por el cliente se refiere. Esto es importante evaluar pues, la calidad del mineral extraído según las exigencias es la razón de ser de CVG Bauxilum, por ende cualquier variación existente es significativa en tiempo y dinero. La planificación

Aseguramiento de la Calidad estuvo altamente contemplado. Para esto se diseñó una planificación de asegurar el cumplimiento anual con el plan de producción planificado, esto tomando como referencia que el proceso de análisis de muestras que representan un frente posible de explotación es uno de los procesos medulares de la empresa, por lo tanto debe de asegurarse la calidad del proceso y del producto a obtener, dentro de los parámetros exigidos por el cliente

El Control de Calidad estuvo altamente presente antes, durante y después del proceso de extracción del mineral, éste se verifica para un mismo Bloque y Sector en diversos puntos del proceso productivo, asegurando la confiabilidad del mineral enviado a su disposición final en cuanto a condiciones químicas exigidas dentro de los parámetros.

Evaluación de la Gestión de Riesgos

En cuanto a la Gestión de Riesgo se obtuvieron los siguientes resultados (Ver Anexo 2):

La Planificación de la Gestión de Riesgos es baja, esta es una gran debilidad pues si bien es cierto que, la empresa cuenta con una excelente evaluación de Calidad no está preparada para un plan de contingencia si ocurriese un cambio radical en las características químicas de los frentes. La mina de Bauxita de CVG Bauxilum es extremadamente heterogénea, lo que la hace impredecible para futuras explotaciones en cuanto a los valores de parámetros químicos exigidos se refiere.

De los análisis anteriormente descritos, se logró abarcar el cumplimiento de los objetivos específicos que establecen describir los requisitos de calidad exigidos por los clientes, se analizó la planificación actual del proceso de extracción del mineral y se verificó el grado de adecuación del proceso, basado en la caracterización del modelo geológico de planificación de mina.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En todos los casos se aceptó la hipótesis nula de que las k distribuciones son idénticas es decir, que los resultados de las muestras de producción se ajustan a la calidad programada en el modelo geológico.

De los cuatro parámetros químicos analizados en esta investigación, la alúmina es el parámetro que presenta la menor variación, con un valor “H” máximo de 0.39 para el B3S4 y de 1.33 para el B3S6.

La sílice reactiva es, después de la alúmina, el parámetro químico que ofrece la menor variación, obteniéndose un valor “H” máximo de 1.72 para el B3S4 y de 1.59 para el B3S6.

El cuarzo es el parámetro químico que presenta la mayor variabilidad con respecto al modelo, presentando un valor “H” máximo de 3.41 para el B3S4 y de 1.86 para el B3S6. Las mayores variaciones de este parámetro se observan en los cortes efectuados con tractor, en los cuales, los resultados de las muestras suelen variar constantemente, impidiendo hacer proyecciones de este parámetro.

Del análisis realizado para el Hierro se puede concluir que sólo un 32% de las muestras analizadas se ajustan a las isógradas de este parámetro; y que las mayores variaciones de Hierro se presentan en el Bloque 3 sector 4.

Se detectaron cuatro causas principales de las variaciones puntuales que se presentan entre el modelo geológico y las muestras de producción: 1) Problemas con el corte, 2) Cambios en el perfil geológico, 3) Problemas de muestreo y 4) Cortes de la capa de arcilla o piso.

Se determinó que la principal causa de la variación de los parámetros estudiados, se debe a la realización de cortes por encima o por debajo de lo programado, así como los cortes realizados con tractor

Del resultado obtenido en las conclusiones antes descritas, se puede concluir que la variabilidad entre el modelo y lo extraído afecta no solamente al proceso productivo de extracción de mineral, sino a la calidad de los parámetros químicos exigidos por el clientes, ya que, de detectarse parámetros fuera de especificaciones, el lote extraído debe desecharse sin poderse recuperar, significando pérdidas en tiempo y dinero, representando un re trabajo la nueva planificación para recuperar las toneladas que, como compromiso deben ser entregadas a los proveedores en calidad y oportunidad.

De acuerdo con la Guía del PMI (PMBOOK 2004) la gestión de la Calidad del Proyecto debe abordar tanto la gestión del proyecto (planificación, aseguramiento y control de calidad del mineral extraído que cumpla con las exigencias del cliente), como el producto final obtenido. Según lo evaluado la gestión de la calidad del proyecto es altamente satisfactoria, mas sin embargo la gestión de riesgo no lo fue. Lo que llama a la reflexión, ya que la heterogeneidad de la Mina de Bauxita en Los Pijiguaos perfila diferencias en las calidades en los frentes futuros a explotar, sin tener planes de acción al riesgo latente de obtener en el proceso productivo mineral fuera de parámetros.

Recomendaciones

Se recomienda a los supervisores de planificación hacer uso del GPS, para el segundo turno (7 AM-3 PM) y parte del tercer turno (3 -11 PMm), dejando asentado en el libro de reportes la ubicación relativa de los equipos y las muestras tomadas, con la finalidad de no caer en falsas estimaciones de la calidad, cuando no se tiene la información actualizada del avance de explotación.

Se recomienda realizar proyecciones de la calidad del material bauxítico en función de la altura real del talud, para los cortes con pala, con el objeto de reducir el muestreo en estos cortes, siempre que el perfil geológico no presente cambios visibles.

Evitar los movimientos innecesarios de equipos, causados por los resultados de las muestras al inicio de cortes con tractor, sobre todo si el movimiento obedece a valores altos de hierro, ya que el valor de este parámetro tiende a disminuir a medida que el corte avance.

Justificar los movimientos de equipos, dejando asentado en el libro de reportes el valor de los resultados de los parámetros químicos causante del movimiento, y los valores que le siguen inmediatamente, a fin de llevar un control sobre las causas de las desviaciones en la planificación.

Se recomienda informar de los movimientos a la Superintendencia de Mantenimiento Equipos Pesados, para que sigan rigurosamente las recomendaciones del Manual de operaciones y mantenimiento CATERPILLAR, sobre todo en cuanto a la verificación de la temperatura del equipo en el momento de la realización de los movimiento, con la finalidad de hacer un mejor uso del recurso, que permita extender su vida útil.

Incluir en las charlas de seguridad impartidas a los operadores al inicio del turno, los pasos sugeridos en el Manual de operaciones y mantenimiento CATERPILLAR, para el movimiento de los equipos (tractores de oruga y palas).

Darle mayor importancia a la reunión de inicio de turno implementando el nuevo formato para la minuta “Desarrollo de la Reunión”, en la cual se dejen asentadas las posibles alternativas para controlar los parámetros químicos, permitiendo tomar las previsiones correspondientes, a fin de mejorar la capacidad de respuesta de las dependencias involucradas.

Generar de manera inmediata un plan de acciones preventivas y de contingencias para futuros casos, donde podrían presentarse variantes significativas durante el proceso de explotación de mineral y que son claramente posibles, debido a lo heterogénea de la mina

BIBLIOGRAFÍA

ALUSUISSE y CVG. (1980). **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA EN LA BAUXITA DE LOS PIJIGUAOS**. pp2-4, 26.

CATERPILLAR. (2003). **OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL 5130B EXCAVATOR**. SSBU 7071-05.

CATERPILLAR. (2004). **MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO D10R TRACTOR DE CADENAS**. SSBU 7244-03

CVG BAUXILUM, C.A. (2005). <http://www.bauxilum.com.ve>

CVG TECMIN. (1994). **INFORME DE AVANCE NB-19-4 Y NB19-8 CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y VEGETACIÓN. GERENCIA DE PROYECTOS ESPECIALES. PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA**. Bolívar, Venezuela.

Farfán, Garyesser, 2001. **ESTIMACIÓN DE COSTOS OPERATIVOS POR TONELADA DE MINERAL PRODUCIDO Y COMPARACIÓN CON LOS COSTOS ESTÁNDARES EN EL ÁREA DE MINA CVG BAUXILUM LOS PIJIGUAOS**.

González De Juana, Clemente, et al. (1980)**GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Ediciones Foninves. Tomo I. Caracas, Venezuela, pp 31-33, 70-82

Guapes, Pablo, Villegas, Carlos. (1994). **PLANIFICACIÓN A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO DEL YACIMIENTO DE BAUXITA DE**

LOS PIJIGUAOS MEDIANTE EL SOFTWARE MEDSISTEM VERSUS EL MÉTODO CONVENCIONAL. Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar.

Hernández, Roberto, Fernández, Carlos, Baptista, Pilar. (1994). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.** Editorial Mc Graw-Hill. Mexico. P 445

INTEVEP PDVSA. (1999).**LEXICO ESTRATIGRAFICO-** CD ROM.

Leon; Rosa y Villasana, Alexis. (2004). **ANÁLISIS SISTEMÁTICO DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA MINA DE CVG BAUXILUM CERRO PAÉZ, SECTOR LOS PIJIGUAOS.** Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar.

Mendenhall, William, Wackerly, Dennis y Scheaffer, Richard. (1994). **ESTADÍSTICA MATEMÁTICA CON APLICACIONES.** Grupo editorial Iberoamérica. México. pp 625-655

Mendoza Sánchez, Vicente. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SURAMERICANO).** Minera Hecla Venezolana, C.A. Estado Bolívar, Venezuela. P 170

Cartay, I. (1991). **Planificación y control de proyectos.** Maracaibo: Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial.

Chatfield, C. y Johnson, T. (2000). **Microsoft Project 2000. Paso a paso.** Madrid: McGraw Hill/Interamericana de España S.A.U.

David, F. (1994). **La Gerencia Estratégica.** (novena impresión). Bogotá: Fondo Editorial LEGIS.

Earned Value Management. Integrating Cost, Schedule and Technical Performance for Project Management. Recuperado el 22 de Julio de 2006, de <http://www.acq.osd.mil/pm/>

Lewis J. (2004). **Las Claves de la Gestión de Proyectos.** Barcelona: Gestión 2000.com

Heerkens, G (2004). **Gestion de Proyectos.** Madrid: McGraw-Hill Profesional.

Salvarredy J., Fronti V., Fronti J. (2004). **Gerenciamiento de Proyectos con MS Excel y MS Project.** Buenos Aires: Omicron System.

Fleming, Q. y Koppelman, J. (2004). **Earned Value Project Management.** (second edition). Estados Unidos de Norteamérica: PMI.

Gaete, A. (2001). **Modulo 4. Control de Proyecto.** Recuperado el 22 de Julio de 2006, de www.ingenieria.cl/escuelas/industrial/archivos/umayor_admproy_julio2001_capitulo_4_bn.pdf

Lopez, V. **Valor Ganado en el Control de la ejecución de Proyectos.** Recuperado el 22 de Julio de 2006, de <http://vicentelopez0.tripod.com/Gerencia/Valorganado/vg1.html>

Ortiz, I., Rosales, V. (2004). ***Diseño de Indicadores en Procesos relacionados con la Dirección de proyectos***. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

Palacios, L. (2000). ***Principios esenciales para realizar proyectos, un enfoque latino***. (segunda edición). Venezuela: Publicaciones UCAB.

Páez, C. (2003). ***Planificación y control del tiempo***. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), Dirección de Postgrado, Gerencia de Proyectos.

Project Management Institute. (2004). ***Una guía a los fundamentos de la dirección de proyectos (PMBOK® Guide)***. Estados Unidos de Norteamérica: Lexicomm Internacional Ltd.

Project Management Institute. (2000). ***Una guía a los fundamentos de la dirección de proyectos (PMBOK® Guide)***. Estados Unidos de Norteamérica: Lexicomm Internacional Ltd.

Project Management Institute. (s.f.). ***PMI, Member Ethical Standards, Member Code of Ethics***. Recuperado el 24 de Julio de 2006, de www.pmi.org/info/AP_MemEthStandards.pdf

Soft Presto. ***El método de las desviaciones de avance y coste (earned value management) en el contexto español.*** Recuperado el 23 de Julio de 2006, de <http://www.soft.es/pages/documentos/articulos/EVMS.HTM>

Sola, R. (2003). **Sistemas de Gestión del Valor Ganado para la Dirección Integrada del Proyecto**. Recuperado el 26 de Julio de 2006, de www.aepro.com/congreso_03/pdf/ramon.sola@wgint.com_82b749d359dd9cbe4e41f4213040b270.pdf

Yáber, G. & Valarino E. (2003). **Tipología, fases y modelo de gestión para la investigación de postgrado en gerencia**. Venezuela.

Balestrini M. (2002) **Como se Elabora el Proyecto de investigación**. Caracas: BL Consultores Asociados.

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2003) **Metodología de la Investigación**. Mexico: McGraw-Hill Interamericana

Callejas A. (2002). **Los Alcances del Control de Gestión** Recuperado el 26 de Julio de 2006, de www.monografias.com/trabajos14/control/control.shtm

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2001) **Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales**, Fedupel, Caracas.

Instituto Universitario de Tecnología Venezuela. (2004) **Manual para la Elaboración del Proyecto de Trabajo Especial de Grado**, Caracas.

Moule J (2004). **Earned Value Management - Guidance For The Acquisition Management System**. Recuperado el 15 de Junio de 2006, de <http://www.ams.mod.uk/ams/content/docs/evm2/evmacq2.htm>.

Anexo 1 Medición de salidas de los procesos de Gestión de la Calidad del proceso de extracción del mineral

PROCESO	SALIDA	ELEMENTO	PONDERACIÓN	PUNTAJE
1. Planificación de Calidad (33,33%)	1.1 Plan de Gestión de Calidad (30%)	1.1.1 Se identifican Normas de Calidad Relevantes para el cumplimiento de especificaciones técnicas del mineral	20	20
		1.1.2 Se identifica cómo será aplicado el Control de Calidad al proceso	20	10
		1.1.3 Se identifica cómo será aplicado el Aseguramiento de la Calidad	20	0
		1.1.4 Se identifica cómo será aplicado la Mejora Continua	20	10
		1.1.5 Se identifica como el personal responsable de las operaciones implementarán la política de Calidad de la organización al proceso de producción	20	20
	1.2 Medición de Calidad (20%)	1.2.1 Se identifica mecanismo para medir la satisfacción y el cumplimiento con especificaciones del mineral extraído	50	50
		1.2.2 Se identifican control de calidad previos, antes de despachar el mineral	50	50
	1.3 Listas de Control de Calidad (20%)	1.3.1 Existe una lista de Control de Calidad para cada parámetro del mineral extraído	20	20
	1.4 Plan de Mejoras (10%)	1.4.1 Existe una metodología para detectar y analizar procesos con actividades a ser mejoradas	10	0
	1.5 Patrón de Calidad (10%)	1.5.1 Existe un patrón de referencia para la calidad del mineral	10	10

PROCESO	SALIDA	ELEMENTO	PONDERACIÓN	PUNTAJE
	1.6 Actualización del Plan de Gestión (10%)	1.6.1 Se actualizan del Plan de ejecución del proceso, tomando en cuenta la calidad exigida	10	10
	TOTAL		100	78
2. Aseguramiento de Calidad (33,33%)	2.1 Existe alguna norma o procedimiento para el control de cambios de calidad del mineral exigido, políticas, procesos y/o procedimientos.		10	10
	2.2 Se documentan acciones sobre los cambios presentes durante el proceso		15	15
	2.3 Se programan auditorias del Sistema de Gestión de Calidad, a fin de verificar el grado de cumplimiento del proceso con los lineamientos y procedimientos establecidos en la organización para la extracción de mineral.		10	10
	2.4 Se programan revisiones periódicas para confirmar la implantación de nuevos cambios al proceso		15	15
	2.5 Existe un procedimiento de las Acciones Correctivas y Preventivas necesarias al momento de detectar una No Conformidad		10	10
	2.6 Se cuenta con recursos adecuados (maquinarias, mano de obra, Software) para la obtención del mineral con la calidad adecuada		15	15
	2.7 Se hace actualización del Plan de Gestión del Calidad del proceso sobre la base de los cambios al plan de gestión resultantes de los cambios encontrados		5	0

PROCESO	SALIDA	ELEMENTO	PONDERACIÓN	PUNTAJE
		2.8 Se tienen planes de contingencia para actuar al momento de una contingencia con mineral que haya sido despachado fuera de especificaciones	10	10
		2.9 Existe alguna unidad o cargo en el Proceso de explotación de mineral encargada ejecutar este trabajo	10	10
		TOTAL	100	95
3. Control de Calidad (33,33%)		3.1 Se llevan a cabo Mediciones parciales de Control de Calidad antes, durante y después del proceso	10	10
		3.2 Se tiene un procedimiento para identificar y acciones a tomar del material fuera de especificaciones.	10	10
		3.3 Se identificaron, registraron y recomendaron planes de acción para tomar correcciones a mineral fuera de especificaciones	15	5
		3.4 Se tiene un procedimiento para documentar las Acciones Correctivas	10	10
		3.5 Se tiene un procedimiento para documentar las Acciones Preventivas	10	10
		3.6 Se toman acciones de corrección de fallas previas detectadas con mineral defectuoso	10	10
		3.7 Se verifican y se llenan las listas de Control del mineral muestreado	10	10
		3.8 Se Validaron los productos entregados al final	15	15
		3.9 Hay alguna unidad o cargo en el Proceso de Extracción que se encargue de ejecutar esta función	10	10
		TOTAL	100	90

Anexo 2 Medición de salidas de los procesos de Gestión de Riesgos del proceso de extracción del mineral

PROCESO	SALIDA	PONDERACIÓN	PUNTAJE
1. Plan de Gestión de Riesgos (10%)	1.1 Existe una Metodología para detectar el riesgo	5	0
	1.2 Están establecidos los Roles y Responsabilidades del personal que actuará en caso de presentarse	10	0
	1.3 Se tienen estimado recursos para las evaluaciones previas, durante y posterior	20	0
	1.4 Esta establecida la frecuencia con la que se evaluara esta gestión	5	0
	1.5 Están clasificados según las diferentes categorías de Riesgo	20	0
	1.6 Se tiene establecida la matriz de análisis causa – efecto y el impacto que podría causar	20	10
	1.7 Esta evaluada la Tolerancia de los interesados con respecto a este proceso	10	0
	1.8 Se documentan los resultados en Formatos previamente establecidos	5	5
	1.9 Se realiza seguimiento al plan establecido	5	5
		TOTAL	100
2. Identificación de Riesgos (20%)	2.1 Se tiene identificado un listado de Riesgos	25	25
	2.2 Se tiene un listado de posibles Respuestas	25	15
	2.3 Se tienen identificadas las Causas de los Riesgos	25	25

PROCESO	SALIDA	PONDERACIÓN	PUNTAJE
	2.4 Se tienen identificados los riesgos según su categoría Actualizadas	25	15
	TOTAL	100	80
3. Análisis Cualitativo de Riesgos (20%)	3.1 Se tiene una lista de prioridades o clasificaciones de los riesgos del proceso de extracción	30	30
	3.2 Se tienen los Riesgos agrupados por Categorías	15	0
	3.3 Se tienen identificados los Riesgos que requieren respuestas inmediatas	15	15
	3.4 Se tienen identificado los Riesgos que requieren análisis y respuestas adicionales	15	0
	3.5 Se tienen identificados los Riesgos de baja prioridad	15	0
	3.6 Se tienen identificadas las Tendencias previas en los resultados de los análisis	10	0
	TOTAL	100	45
4. Análisis Cuantitativo de Riesgos (20%)	4.1 Se cuenta con un análisis de probabilidad de ocurrencia	40	0
	4.2 Se tiene establecida la Probabilidad de lograr los objetivos de Costo, Tiempo y Oportunidad	30	0
	4.3 Están identificados los riesgos según su prioridad	15	15
	4.4 Están identificadas las Tendencias en los resultados del análisis cuantitativo de los riesgos.	15	0

PROCESO	SALIDA	PONDERACIÓN	PUNTAJE
	TOTAL	100	15
5. Planificación de la respuesta (20%)	5.1 Esta identificada la estrategia de respuesta de acuerdo al resultado obtenido	20	20
	5.2 Están identificadas las acciones específicas para implementar la estrategia de respuesta adecuada	20	10
	5.3 Están identificados los síntomas y señales de advertencia de ocurrencia de riesgos	20	20
	5.4 Están identificado y se cuenta con los recursos y programas necesarios para implementar las respuestas elegidas	20	10
	5.5 Están estipuladas las reservas necesarias para planes de contingencias de tiempo, costo y oportunidad para contemplar las tolerancias al riesgo	20	0
	TOTAL	100	60
6. Seguimiento y Control de Riesgos (10%)	6.1 Se tiene un plan de seguimiento al proceso de verificación de calidad del mineral mediante el registro de actualización de riesgos o mediante la generación de Cambios Solicitados o de acuerdo a Acciones Correctivas o Preventivas Recomendadas o mediante resultados de auditorias previas l proceso productivo	50	0
	6.2 Se tiene un plan de actualización de la Gestión del Proyecto	50	0
	TOTAL	100	0

Anexo 3 Evaluación de la Gestión de la Calidad y de Riesgos del proceso de extracción del mineral

RIESGO	PESO	PUNTAJE	PONDERACIÓN
	10,00%	20	2
	20,00%	80	16
	20,00%	45	9
	20,00%	0	3
	20,00%	60	12
	10,00%	0	0
TOTAL	100,00%		42

CALIDAD	PESO	PUNTAJE	PONDERACIÓN
	33,33%	78	25,99
	33,33%	95	31,63
	33,33%	90	29,77
TOTAL	100,00%		87,59

Anexo 4 Bloques y sectores del yacimiento de mineral de bauxita en Los Pijiguaos

