

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO-BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA GEOLÓGICA**



ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MINERAL DE HIERRO FINO, DE LA C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A. CIUDAD GUAYANA, ESTADO BOLÍVAR

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES DOS SANTOS
S., KARLA D. Y ESPINOZA M.,
DANIEL J. PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO
GEÓLOGO.**

CIUDAD BOLÍVAR, OCTUBRE DEL 2023



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO-BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulada “ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MINERAL DE HIERRO FINO, DE LA C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A. CIUDAD GUAYANA, ESTADO BOLÍVAR”, presentada por los bachilleres Dos Santos Siso, Karla Deyanira de cédula de identidad No. 25.502.940 y Espinoza Malavé, Daniel José de cédula de identidad 26.292.487 ha sido **APROBADA** como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO GEÓLOGO**, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Apellidos y Nombres	Firma
Prof. Jorge Abud (Asesor Académico)	
Prof. Víctor González (Jurado)	
Prof. José Simón González (Jurado)	
Prof. Francisco Monteverde Jefe del Dpto. de Ingeniería Geológica	 

Ciudad Bolívar 31 de octubre del año 2023

DEDICATORIA

Primeramente gracias a Dios y a toda mi familia, en especial a mis padres, Josefina Siso y Carlos Dos Santos Daniel, quienes lo han dado todo para apoyarme, y a mi hermano Carlos Dos Santos, quienes han sido mi motor fundamental para seguir adelante logrando lo que antes eran sueños.

A mis familiares, amigos y compañeros de clase, que me han acompañado a lo largo de distintas etapas de mi vida, y quienes no me han abandonado en ningún momento.

A la memoria de seres queridos que han sido una gran inspiración para Este logro: María Anette Daniel De Dos Santos, Maximiliano Flores y Lourdes Siso.

Karla Dos Santos.

A toda mi familia, en especial a mis padres, Avilia Malavé y Hernán Espinoza, quienes lo han dado todo para apoyarme, y a mis hermanos José Espinoza y Fiorhelys Espinoza, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración para convertirme en la persona que soy hoy.

A mis familiares, amigos y compañeros de clase, que me han acompañado a lo largo de distintas etapas de mi vida, y quienes no me han abandonado en ningún momento.

A la memoria de mis tíos Aurelio Espinoza y Mercedes Marín, y mis abuelos Felipa Malavé, Clesaria Espinoza y Jesús Malavé quienes fueron un pilar fundamental en mis primeros días en la carrera y que lamentablemente ya no están para verme alcanzar este logro.

A todos aquellos estudiantes universitarios que aún siguen luchando por sus sueños después de tantas dificultades.

Daniel Espinoza

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, primeramente por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi carrera. A mis padres y mi hermano por todo.

A nuestro tutor industrial, Luis Maneiro y toda la familia de la Gerencia de Calidad de la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.

A todos mis tías que han jugado un papel importante en mi vida, en especial Elizabet Siso, y a mis primos, sobre todo a Maximiliano Flores, Katiuska Flores, y cesar flores.

A mis amigos y compañeros de clases de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, pero muy especialmente para Daniel, Esther, Orianny, Luis, Ariadnirys, Felipe y Josuet gracias a todo su apoyo este trabajo es posible. A todos esos amigos que la vida me ha regalado y que me abrieron las puertas de su hogar y a toda su familia, en especial a Esther, Ingrid, y Orianny por apoyarme.

Karla Dos Santos

Primeramente a Dios y a mi madre Avilia por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi carrera y por darme la fuerza, la sabiduría y el entendimiento para seguir siempre adelante.

A mi Tutor Industrial Luis Maneiro, y toda la Gerencia de Calidad de la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.

A mis amigos y compañeros de clases de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, quienes siempre estuvieron presentes para darme esa mano amiga que tanto necesitaba, pero muy especialmente para Esther y toda su familia, Jean, José Félix, Alexander, Josuet, Ariadnirys y Neidy gracias a todo su apoyo este trabajo es posible.

A mi prima Gabriela Espinoza, por toda su ayuda.

A todos quienes aportaron su grano de arena, entre ellos: Emily y toda su familia, Fernando, Félix y Hugo.

Daniel Espinoza

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Gerencia de Calidad de la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., ubicada en Puerto Ordaz, Municipio Caroní del Estado Bolívar, con el objetivo general de analizar la variabilidad de los parámetros de calidad físicos y químicos del mineral de hierro fino (FSF, FPF y FSI) en el volteo, apilamiento y recuperación de las pilas de homogeneización de la empresa. Para ello se realizó una investigación de tipo descriptiva, aplicada y cuantitativa, con un diseño documental y de campo. El estudio permitió obtener una caracterización de nueve pilas de homogeneización, tres para cada subproducto de la empresa, donde se pudo apreciar la variabilidad de los parámetros de calidad en cada etapa del proceso de producción, como es el volteo, el apilado y el despacho, y la influencia en estos factores de parámetros tales como la litología, el aporte por mina y el método de homogeneización utilizado. Para la obtención de los resultados, se recopiló información sobre los parámetros químicos como la sílice, el fósforo, la pérdida por calcinación, y los parámetros físicos como la humedad, y el material retenido en el tamiz 3/8", la cual luego analizada mediante el uso del software Microsoft Excel y statgraphics. Se demostró que las pilas que muestran una mayor variabilidad en los datos son las de FPF, y que esta variabilidad no se ve reducida al no usar ningún tipo de homogeneización, por otro lado, las pilas de FSI, homogeneizadas mediante pilas tipo Chevron demostraron una reducción considerable de la variabilidad para el despacho, de igual forma con las pilas tipo Windrow de FSF, aunque no se mostraron tan eficientes para disminuir la variabilidad de la PPC. La composición litológica y el aporte por minas no parecieron influenciar en los parámetros de calidad de las minas. Se recomienda hacer estudios correlativos para los parámetros de calidad químico, y cuantificar la posible relación entre el aporte por minas y la litología.

CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE APÉNDICES	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
SITUACIÓN A INVESTIGAR	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.4 Alcance de la investigación.....	5
1.5 Limitaciones de la investigación.....	6
CAPÍTULO II	7
GENERALIDADES	7
2.1 Origen.....	7
2.2 Ubicación geográfica.....	10
2.3 Filosofía de gestión.....	12
2.3.1 Visión.....	12
2.3.2 Misión.....	12
2.4 Geología general.....	12
2.5 Geología Regional.....	13
2.6 Geología de local.....	15
2.6.1 Mina Cerro Bolívar.....	16
2.6.2 Mina Altamira.....	16
2.6.3 Mina San Isidro.....	17

2.6.4 Mina los Barrancos	17
2.6.5 Mina Las Pailas	18
CAPÍTULO III	19
MARCO TEÓRICO	19
3.1 Antecedentes de la investigación	19
3.2 Proceso productivo y aseguramiento de la calidad del mineral de hierro	22
3.2.1 Superintendencia de Aseguramiento Ciudad Piar	22
3.2.2 Superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso	26
3.2.3 Trituración del mineral	27
3.3 Tipos de muestreo en C.V.G Ferrominera Orinoco C.A.....	32
3.3.1 Muestreo en Ciudad Piar	33
3.3.2 Muestreo en Puerto Ordaz.....	36
3.4 Variabilidad en el proceso de producción	38
3.4.1 Fundamentos estadísticos	39
3.4.2 Determinación de la variación del proceso.....	40
3.4.3 Tipos de causas de variabilidad.....	40
3.5 Términos estadísticos	41
3.5.1 Medidas de tendencia central	41
3.5.2 Medidas de variabilidad.....	42
3.6 Pilas de homogeneización	43
3.6.1 Efectos de las pilas de homogeneización	43
3.6.2 Tipos de pilas de homogeneización.....	44
3.7 Clasificación de las menas de hierro	47
3.7.1 Menas blandas (finos).....	47
3.7.2 Menas de alto tenor (Menas duras o costras)	50
3.7.3 Menas de Bajo Tenor.....	52
3.8 Parámetros químicos relevantes del mineral de hierro.....	53
3.8.1 Sílice (SiO ₂).....	53
3.8.2 Alúmina (Al ₂ O ₃).....	53
3.8.3 Pérdida por calcinación (PPC).....	53
3.8.4 Fósforo (P).....	54
3.9 Parámetros físicos relevantes del mineral de hierro	54
3.9.1 Granulometría.....	54
3.9.2 Contenido de humedad	54
CAPÍTULO IV	55

METODOLOGÍA DE TRABAJO	55
4.1 Tipo de investigación	55
4.2 Diseño de la investigación.....	55
4.3 Población y muestra de la investigación	56
4.3.1 Población	56
4.3.2 Muestra	57
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
4.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	57
4.4.2 Instrumento de recolección de datos	58
4.5 Flujograma de la investigación	60
4.6 Determinación de los parámetros de calidad químicos y físicos durante el volteo, apilamiento y recuperación de las pilas de homogeneización.....	61
4.6.1 Preparación de muestras de mineral fino (0” - 3/8”):.....	62
4.6.2 Análisis químicos	62
4.6.3 Análisis físicos realizados a las muestras	66
4.7 Determinar la variabilidad de los parámetros de calidad	69
4.8 Análisis de la variación de los parámetros de calidad mediante el uso de tablas y gráficos	69
4.8.1 Gráficos de control	70
4.8.2 Gráficos de tablas y bigotes (box and whiskers).....	70
4.9 Estimación la influencia de la litología en los parámetros de calidad.....	71
4.10 Evaluación de la influencia del aporte por minas y la disminución de la variabilidad.....	71
CAPÍTULO V	73
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	73
5.1 Determinación de los parámetros de calidad químicos y físicos durante el volteo, apilamiento y recuperación de las pilas de homogeneización.....	73
5.1.1 Determinación de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización de FPF.....	73
5.1.2 Determinación de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización de FSI.....	76
5.1.3 Determinación de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización de FSF.....	79
5.2 Determinación del comportamiento de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización.....	81
5.2.1 Comportamiento del Sílice	82

5.2.2 Comportamiento del fósforo.....	83
5.2.3 Comportamiento de la PPC	84
5.2.4 Comportamiento de la Humedad.....	86
5.2.5 Comportamiento de la "3/8"	87
5.3 Evaluación de la variación de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización.....	88
5.3.1 Gráficos de control	88
5.3.2 Gráfico de cajas y bigotes.....	99
5.4 Estimación de la influencia de la litología en los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización	104
5.4.1 Litología de las pilas de FSI.....	105
5.5 Evaluación de la influencia del aporte por minas y la disminución de la variabilidad.....	110
5.5.1 Aporte por minas de las pilas FSI.....	111
5.5.2 Aporte por minas de las pilas de FSF.....	111
5.5.3 Aporte por minas de las pilas de FPF	113
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES.....	118
REFERENCIAS.....	119
APÉNDICES.....	122

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación Geográfica del Distrito Ferrífero de Ciudad Piar (C.V.G. Ferrominera Orinoco).....	11
2.2 Vista Satelital de la ubicación en Puerto Ordaz de la C.V.G. Ferrominera Orinoco (Google Maps).....	11
2.3 Columna Estratigráfica del Escudo de Guayana (L.E.V. 1996).....	14
3.1 Probabilidades asociadas a la distribución normal (Gonzales y Carros s.f.).....	39
3.2 Variaciones Naturales y Asignables (Gonzales y Carros s.f.).....	41
3.3 Comportamiento de la variabilidad entre los lotes con un aumento de la masa o volumen de cada lote (Machado et. al., 2017).	44
3.4 Pila Tipo Chevrón y esquema del patio de homogenización (Machado et. al., 2017).....	45
3.5 Forma de apilamiento de la pila tipo cono (Muñoz y Rojas, 2004).	46
3.6 Distribución geométrica de una pila de homogenización tipo Windrow (Puerta, 2019)	46
4.1 Flujograma de la investigación	60
4.2 Ejemplo de gráfico de control de sílice (Fuente CVG Ferrominera Orinoco C.A.).....	70
4.3 Ejemplo de gráfico de cajas y bigotes para la variabilidad del contenido de sílice (fuente: CVG Ferrominera Orinoco C.A.).	71
5.1 Características Químicas de las Pilas de Homogeneización de FPF.....	75
5.2 Características Físicas de las Pilas de Homogeneización de FPF	76
5.3 Características Químicas de las Pilas de Homogeneización de FSI.....	78
5.4 Características Físicas de las Pilas de Homogeneización de FSI.....	78
5.5 Características Químicas de las Pilas de Homogeneización de FSF.....	80
5.6 Características Físicas de las Pilas de Homogeneización de FPF	81
5.7 Gráfico de control para la sílice de las pilas de FSF	89
5.8 Gráfico de control para la sílice de las pilas de FPF	90
5.9 Gráfico de control para la sílice de las pilas de FSI.....	91
5.10 Gráfico de control para el fósforo de las pilas de FSF	92
5.11 Gráfico de control para el fósforo de las pilas de FPF	93
5.12 Gráfico de control para el fósforo de las pilas de FSI.....	93
5.13 Gráfico de control para la PPC de las pilas de FSF	94
5.14 Gráfico de control para la PPC de las pilas de FPF	95
5.15 Gráfico de control para la PPC de las pilas de FSI	96
5.16 Gráfico de control para la 3/8" de las pilas de FSF	97
5.17 Gráfico de control para la 3/8" de las pilas de FPF	98
5.18 Gráfico de control para la 3/8" de las pilas de FSI.....	99

5.19	Gráfico de Cajas y Bigotes para la PPC de las pilas de FPF	100
5.20	Gráfico de Cajas y Bigotes para la PPC de las pilas FSI	101
5.21	Gráfico de cajas y Bigotes para la PPC de las Pilas de FSF	101
5.22	Gráfico de Cajas y Bigotes para la 3/8" de las pilas de FSI	103
5.23	Gráfico de Cajas y Bigotes para la 3/8" de las pilas de FSF	103
5.24	Gráfico de Cajas y Bigotes para la sílice de las pilas de FSF	104
5.25	Composición litológica de la Pila 04PHC 01/22	105
5.26	Composición litológica de la Pila 07PHC 01/22	106
5.27	Composición litológica de la pila 07PHC 02/22	107
5.28	Composición litológica de la pila 06PHD 01/22	107
5.29	Composición litológica de la pila 08PHD 01/22	108
5.30	Composición litológica de la pila 08PHD 02/22	109
5.31	Composición litológica de la pila 06PHB 01/22	109
5.32	Composición litológica de la pila 08PHB 01/22	110
5.33	Aporte por minas de la Pila 04PHC 01/22	111
5.34	Aporte por minas de la Pila 05PHB 01/22	112
5.35	Aporte por minas de la Pila 06PHB 01/22	113
5.36	Aporte por minas de la Pila 08PHB 01/22	113
5.37	Aportes por minas de la Pila 06PHD 01/22	114
5.38	Aporte por minas de la pila 08PHD 01/22	114
5.39	Aporte por minas de la pila 08PHD 02/22	115

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Correas para la toma de muestras de mineral apilado	36
3.2 Correas para la toma de muestras del despacho por barco de mineral fino.	38
3.3 Composición litológica de las menas.	47
5.1 Promedios de las características físicas y químicas de las pilas de homogeneización de FPF	74
5.2 Promedios de las características físicas y químicas de las pilas de homogeneización de FSI	77
5.3 Promedios de las características físicas y químicas de las pilas de homogeneización de FSF	79
5.4 Desviación Estándar de la sílice	82
5.5 Desviación Estándar del fósforo	84
5.6 Desviación Estándar de la PPC	85
5.7 Desviación Estándar de la H ₂ O	86
5.8 Desviación Estándar de la 3/8"	87

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A	
ESPECIFICACIONES DEL MINERAL DE HIERRO FINO	123
A.1 Especificaciones del Mineral de Hierro para el Fino Para Sinter Ferrominera.....	125
A.2 Especificaciones del Mineral de Hierro para el Fino San Isidro	126
A.3 Especificaciones del Mineral de Hierro para el Fino Para Pella Ferrominera.....	127
B	
RESUMEN DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA DE LAS PILAS DE HOMOGENEIZACIÓN	127
B.1 Resumen de los datos del Volteo de la Pila 06PHD 01/22 de FPF	129
B.2 Resumen de los datos del despacho de la pila 06PHD 01/22 de FPF.	129
B.3 Resumen de los datos del volteo de la pila 08PHD01/22 de FPF.....	129
B.4 Resumen de los datos del despacho de la pila 08PHD01/22 de FPF..	130
B.5 Resumen de los datos del volteo de la pila 08PHD02/22 de FPF.....	130
B.6 Resumen de los datos del despacho de la pila 08PHD02/22 de FPF..	130
B.7 Resumen de los datos del volteo de la pila 04PHC01/22 de FSI.....	131
B.8 Resumen de los datos del apilado de la pila 04PHC01/22 de FSI.....	131
B.9 Resumen de los datos del despacho de la pila 04PHC01/22 de FSI...	131
B.10 Resumen de los datos del volteo de la pila 07PHC01/22 de FSI.....	132
B.11 Resumen de los datos del apilado de la pila 07PHC01/22 de FSI.....	132
B.12 Resumen de los datos del despacho de la pila 07PHC01/22 de FSI...	132
B.13 Resumen de los datos del apilado de la pila 07PHC02/22 de FSI.....	133
B.14 Resumen de los datos del despacho de la pila 07PHC02/22 de FSI...	133
B.15 Resumen de los datos del volteo de la pila 05PHB01/22 de FSF.....	133
B.16 Resumen de los datos del apilado de la pila 05PHB01/22 de FSF	134
B.17 Resumen de los datos del despacho de la pila 05PHB01/22 de FSF..	134
B.18 Resumen de los datos del volteo de la pila 06PHB01/22 de FSF.....	134
B.19 Resumen de los datos del apilado de la pila 06PHB01/22 de FSF	135
B.20 Resumen de los datos del despacho de la pila 06PHB01/22 de FSF..	135
B.21 Resumen de los datos del volteo de la pila 08PHB01/22 de FSF.....	135
B.22 Resumen de los datos del apilado de la pila 08PHB01/22 de FSF	136
B.23 Resumen de los datos del despacho de la pila 08PHB01/22 de FSF..	136
C	
PROMEDIOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD ARROJADOS POR EL DASHBOARD	136
C.1 Promedios %H ₂ O	138
C.2 Promedio %SiO ₂	138
C.3 Promedio %P	138

C.4	Promedio %PPC	139
C.5	Promedio %3/8”	139

D	GRÁFICOS DE CONTROL POR PILAS.....	139
D.1	Gráfico de control para el sílice de la pila 05PHB01	141
D.2	Gráfico de control para el sílice de pila 06PHB01/22	141
D.3	Gráfico de control para el sílice de pila 08 PHB 02/22	142
D.4	Gráfico de control para el sílice de pila 06PHD01	142
D.5	Gráfico de control para el sílice de pila 08PHD01/22	143
D.6	Gráfico de control para el sílice de pila 08PHD02/22	143
D.7	Gráfico de control para el sílice de pila 04PHC01/22	144
D.8	Gráfico de control para el sílice de pila 07PHC01/22	144
D.9	Gráfico de control para el fósforo de pila 05PHB01	145
D.10	Gráfico de control para el fósforo de pila 06PHB01/22	145
D.11	Gráfico de control para el fósforo de pila 08PHB 01/22	146
D.12	Gráfico de control para el fósforo de pila 06 PHD01	146
D.13	Gráfico de control para el fósforo de pila 08PHD01/22.....	147
D.14	Gráfico de control para el fósforo de pila 08PHD02/22.....	147
D.15	Gráfico de control para el fósforo de pila 04PHC01/22	148
D.16	Gráfico de control para el fósforo de pila 07PHC01/22	148
D.17	Gráfico de control para la PPC de pila 05PHB01	149
D.18	Gráfico de control para la PPC de pila 06PHB01/22.....	149
D.19	Gráfico de control para la PPC de pila 08 PHB 01/22.....	150
D.20	Gráfico de control para la PPC de pila 06 PHD01	150
D.21	Gráfico de control para la PPC de pila 08PHD01/22	151
D.22	Gráfico de control para la PPC de pila 04PHC01/22.....	151
D.23	Gráfico de control para la PPC de pila 07PHC01/22.....	152
D.24	Gráfico de control para la PPC de pila 07PHC02/22.....	152
D.25	Gráfico de control para la PPC de pila 08PHD02/22	153
D.26	Gráfico de control para el tamiz 3/8” de pila 05PHB01	153
D.27	Gráfico de control para el tamiz 3/8” de pila 06PHB01/22	154
D.28	Gráfico de control para el tamiz 3/8” de pila 08 PHB 01/22	154
D.29	Gráfico de control para el tamiz 3/8” de pila 06 PHD01	155
D.30	Gráfico de control para el tamiz 3/8” de pila 08PHD01/22.....	155
D.31	Gráfico de control para el tamiz 3/8” de pila 08PHD02/22.....	156
D.32	Gráfico de control para el tamiz 3/8” de pila 04PHC01/22	156
D.33	Gráfico de control para el tamiz 3/8” de pila 07PHC01/22	157
D.34	Gráfico de control para el tamiz 3/8” de pila 07PHC02/22.....	157

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objetivo analizar la variabilidad de los parámetros de calidad químicos y físicos del mineral de hierro fino en las distintas etapas de control de calidad en la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. ubicada en Puerto Ordaz, Municipio Caroní del estado Bolívar. La homogeneización es un proceso crítico en la producción de hierro, ya que permite obtener un producto final de calidad uniforme y consistente. Por lo tanto es fundamental evaluar la variabilidad de los parámetros de calidad en cada etapa del proceso para identificar posibles problemas y tomar acciones correctivas. En este informe se caracterizarán los parámetros de calidad físicos y químicos durante el volteo, apilamiento y despacho de las pilas de homogeneización de mineral de hierro fino, se analizará la variabilidad de los parámetros de calidad y se analizará su variación mediante el uso de tablas y gráficos. Además, se estimará la influencia de la litología en los parámetros de calidad y se evaluará la influencia del aporte por minas y la disminución de la variabilidad de los parámetros de calidad mediante el uso de pilas de homogeneización. Se va a obtener información valiosa para mejorar la homogeneidad del mineral y garantizar una producción eficiente y de alta calidad.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Para verificar y mantener los parámetros de calidad de cualquier producto, son necesarios una serie de operaciones y procesos que garanticen dichos fines (Curra, 2000), este proceso es conocido como Aseguramiento de la Calidad. Tal como lo plantea la Organización Internacional de Normalización (ISO) (2015) esto consiste en el “seguimiento de unas líneas de actuación planificadas y sistemáticas implantadas dentro del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa”. Según lo que se refleja en la definición de la ISO 9001:2005, el Aseguramiento de la Calidad va englobado dentro de la Gestión de Calidad, proporcionando un modelo que establece una serie de requisitos al propio Sistema de Calidad, y no a los procesos y actividades que se realicen en la empresa y organización (EAFIT).

Para los productos elaborados por la empresa, el muestreo se realiza previo a la elaboración de los cortes de vagones en Ciudad Piar, durante la formación de pilas de homogeneización en Puerto Ordaz, y por último durante el despacho por trenes, barcos y camiones a los distintos clientes. Estos muestreos constituyen uno de las operaciones de mayor importancia para conservar las especificaciones de la calidad (Curra, 2000). Los datos obtenidos en estos muestreos se engloban tres grandes grupos: los análisis físicos (granulometría y contenido de humedad), los análisis químicos (contenidos de: hierro, fósforo, alúmina, entre otros así como la pérdida por calcinación) y la litología, cada uno analizado de forma distinta, según lo que se requiere para los procesos metalúrgicos a los cuales están destinados los productos.

Como respuesta a la existencia de la variabilidad dentro de los parámetros de calidad surge el Control Estadístico de Proceso, el cual constituye una herramienta útil para mantener la variabilidad dentro de unos límites para optimizar el proceso (Falcó, 2006).

La empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. actualmente cuenta con la Superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso, dentro de la Gerencia de Calidad, para llevar el control estadístico del proceso de los subproductos Finos y Gruesos. Dentro del control de calidad se ha detectado una considerable variación en las características físicas y químicas del material en la mina y el despacho; significando un problema para la comercialización del mineral. Es por esto que surge la necesidad de un estudio de la variabilidad, principalmente de los subproductos Fino para Sinter Ferrominera (FSF), Fino para Pella Ferrominera (FPF) y Fino San Isidro (FSI), los cuales representan la mayor parte del mineral extraído de las minas (ASIMET, 2003), esto con el fin de optimizar la calidad del mineral despachado.

Por otra parte la empresa utiliza dos tipos de pilas de homogeneización, las cuales son la Chevrón y la Windrow con el fin homogeneizar el material y reducir la variabilidad del producto despachado, pero no se ha realizado un estudio detallado sobre la eficiencia de estos dos tipos de pilas.

El estudio de la variabilidad de los parámetros de calidad en el mineral fino permitirá a la empresa obtener información necesaria sobre el comportamiento de los parámetros de calidad entre la mina y el despacho, para optimizar la planificación de operaciones, desde la explotación del mineral en el distrito Ferrífero de Ciudad Piar hasta los procesos de apilado y recuperación para el despacho del mismo a los distintos clientes, tanto para el mercado nacional como el internacional. De igual forma servirá para mejorar la confiabilidad y la competitividad de la empresa, ya que se estaría cumpliendo con los estándares de calidad propuestos por la ISO.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar la variabilidad de los parámetros de calidad físicos y químicos del mineral de hierro fino (FSF, FPF y FSI) en el volteo, apilamiento y recuperación de las pilas de homogeneización de la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., ubicada en Puerto Ordaz, municipio Caroní del estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar los parámetros de calidad químicos y físicos durante el volteo, apilamiento y recuperación de las pilas de homogeneización de mineral fino de la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.
2. Determinar el comportamiento de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización de la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.
3. Evaluar la variación de los parámetros de calidad con respecto a los índices de control de calidad la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., mediante el uso de tablas y gráficos elaborados con los programas Microsoft Office y Stat Graphics.
4. Estimar la influencia de la litología en los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización de la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.

5. Evaluar la influencia del aporte por minas, y la disminución de la variabilidad de los parámetros de calidad mediante el uso de las pilas de homogenización de la C.V.G. Ferrominera Orinoco. C.A.

1.3 Justificación de la investigación

Este informe surge de la necesidad de la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. de continuar ofreciendo a sus clientes la mayor calidad posible en sus diferentes productos de hierro. Particularmente dando énfasis al mineral fino, el cual abarca una buena parte del material producido por la empresa. Al finalizar este trabajo, las tablas y gráficos utilizados podrían servir a la empresa para optimizar el trabajo de la Superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso.

De no hacerse este estudio seguiría existiendo la incertidumbre con respecto a la veracidad de los datos obtenidos durante los muestreos programados por la Superintendencia de Calidad de Fino y Grueso, y por tanto se mantendrá en duda la verdadera calidad del producto.

1.4 Alcance de la investigación

Esta investigación permitirá conocer los parámetros de calidad que presentan las pilas de homogeneización de mineral fino de la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., según los análisis obtenidos durante la formación de los cortes de trenes en Ciudad Piar, el apilamiento en el patio de homogeneización en Puerto Ordaz y el despacho de los productos hacia los distintos clientes. A partir de esta información se podrá obtener la variabilidad de los parámetros de calidad, y de igual forma se podrá apreciar el cómo se ve afectado la variación en las distintas etapas del control de calidad. Así mismo se podrá apreciar la influencia que tiene en esta variación, factores tales como el aporte por minas, la litología, y el uso de las pilas de homogeneización.

1.5 Limitaciones de la investigación

En primer lugar, una de las mayores dificultades que presenta la empresa para el estudio de los parámetros de calidad es la escasez de reactivos para los análisis químicos, de igual forma la dificultad al área de estudio impidió la observación directa del patio de homogenización, y las pilas formadas, esto afectó en un grado considerable la confiabilidad de los resultados obtenidos. También es importante señalar que la empresa cuenta con un solo patio de homogeneización funcional, de los cuatro existentes, lo que conlleva a que comúnmente las pilas de homogeneización sean despachadas cuando aún está siendo formadas.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Origen

Dentro de las empresas básicas que forman parte de la Corporación Venezolana de Guayana, está la C.V.G. Ferrominera del Orinoco, C.A., encargada de explorar, explotar y comercializar el mineral de hierro y sus derivados, para suministrar el producto con eficiencia, productividad y calidad a la industria y mercados económicamente atractivos.

El origen de la misma se dio de la manera siguiente:

1926. se descubre el Cerro El Pao. El señor Arturo Vera, quien tenía un fundo en Las Adjuntas, encuentra un canto rodado de una roca negra, brillante, dura y pesada, la lleva a su casa y la utiliza para amolar machetes. Simón Piñero, empleado de la firma Boccardo y Cía, de Ciudad Bolívar, acompaña más tarde al Señor Vera hasta el Cerro Florero, donde obtienen muestras suficientes para enviar a Estados Unidos.

1933. La empresa norteamericana Bethlehem Steel Co. hace las primeras perforaciones y se constituye la Iron Mines Company of Venezuela.

1939. Como resultado del potencial Ferrífero de la región, el Ejecutivo decreta zona reservada para la exploración del mineral de hierro los distritos Piar y Roscio del Estado Bolívar y el Territorio Federal Delta Amacuro.

1945. La Oliver Iron Mining Co., subsidiaria de la U.S. Steel, inicia la exploración al este del Caroní, bajo la dirección del Geólogo Mack C. Lake.

1947. Folke Kihlstedt y Victor Paulik, exploran y obtienen el título del Cerro La Parida. Exploran igualmente los Cerros Redondo y Arimagua.

1948. Se cambia el nombre del Cerro La Parida por el de Cerro Bolívar.

1949. Se funda la Orinoco Mining Company, subsidiaria de la U.S. Steel Corporation. El Señor Mack C. Lake es designado como su primer presidente.

1950. El primer tren cargado de mineral efectúa el recorrido el 24 de julio entre El Pao y Palúa.

1954. Se inauguran las operaciones de la Orinoco Mining Company. El 9 de enero zarpa el buque Tosca con el primer cargamento comercial de mineral de hierro con destino a Fairless Works (U.S.A.) Este año se exportan tres (3) millones de toneladas.

1968. se inicia la construcción de la Planta de Briquetas de la Orinoco Mining Company.

1975. Queda nacionalizada la industria del hierro en Venezuela el 11 de enero. El 3 de enero zarpa el buque Tyne Ore con una carga de 17.417 toneladas de mineral de hierro con destino a Birkenhead Inglaterra, el primer embarque después de la nacionalización. Se da inicio al año de la transición y la C.V.G. dando cumplimiento en lo establecido en el Decreto Ley 580, suscribe el 10 de diciembre el Acta Constitutiva de la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. ante el Registro de Comercio.

1976. C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. inicia sus operaciones como empresa responsable de la explotación y aprovechamiento del mineral de hierro en todo el territorio nacional.

1988. Entra en funcionamiento la Estación de Transferencia de mineral de hierro, en el océano Atlántico.

1990. Reinicia operaciones la antigua Planta de Briquetas HIB, bajo tecnología Midrex. Las divisiones Pao y Piar de CVG Ferrominera alcanzan su máxima producción conjunta, con 20,3 millones de toneladas.

1993. Inicia operaciones la Planta de Trituración Los Barrancos, en la mina Los Barrancos.

1994. Inicia operaciones la Planta de Pellas de CVG Ferrominera.

2006. El Presidente de la República Bolivariana de Venezuela, Hugo Chávez Frías, coloca la piedra fundacional del núcleo de desarrollo endógeno industrializante “Ciudad del Acero”, a construirse en el área de Ciudad Piar.

2007. La industria del hierro pone en funcionamiento la primera fase de la Planta de Concentración de Mineral de Hierro, la cual consta de una estación de carga y descarga, sistema de manejo de mineral y patios de apilamiento. Asimismo, arranca de manera inmediata la segunda etapa de este importante proyecto que contempla culminarse en el 2009.

2009. El 30 de enero se reinician las actividades el yacimiento Cerro Bolívar. Así mismo se anuncia la creación de la Corporación Siderúrgica Nacional (C.S.V.).

2010. El 2 de julio, Ferrominera Orinoco consolidó el primer cono de mineral concentrado, muestra procesada en la Planta de Concentración Magnética instalada en la Laguna Acapulco, en Palúa. Este importante proyecto permitirá la recuperación de aproximadamente 10 millones de toneladas de finos, depositados allí durante 40 años de procesamiento del mineral extraído en los yacimientos ubicados en El Pao. La obra presentaba un avance de 97.5 %.

2015. Se hace efectiva la medida de cesión por parte de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) de la totalidad de las acciones de la empresa FERROMINERA ORINOCO C.A., la cual pasa a formar parte de la nueva Corporación Siderúrgica de Venezuela S.A. (CSV).

2018. En el Decreto extraordinario N° 6.382 se modifica la denominación del Ministerio del Poder Popular para Industrias Básicas, Estratégicas y Socialistas, por la de Ministerio del Poder Popular de Industrias y Producción Nacional.

2.2 Ubicación geográfica

Geográficamente la empresa C.V.G Ferrominera Orinoco, C.A., se encuentra ubicada entre Ciudad Piar y Ciudad Guayana (Puerto Ordaz-San Félix). En minerías sus operaciones incluyen las actividades de exploración geológica de reservas de mineral de hierro, planificación, desarrollo, explotación de minas y transporte hacia los puertos donde van a ser procesados, estos se ejecutan en el Distrito Ferrífero Piar (ver Figura 2.1), el almacenaje, procesamiento y despacho de mineral de hierro y sus derivados en los puertos de Puerto Ordaz y Palúa, que están ubicados en la riberas del río Orinoco y río Caroní y la sede administrativa de la empresa se encuentra vía Caracas, edificio de Administración N°2, Puerto Ordaz, Estado Bolívar-Venezuela (ver Figura 2.2).



Figura 2.1 Ubicación Geográfica del Distrito Ferrífero de Ciudad Piar (C.V.G. Ferrominera Orinoco).

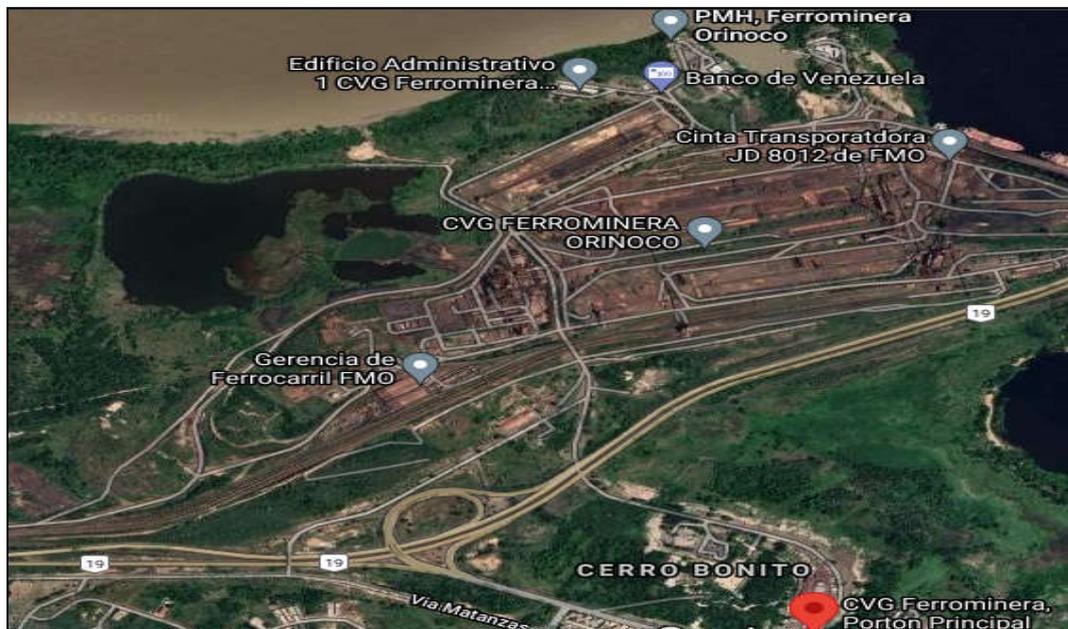


Figura 2.2 Vista Satelital de la ubicación en Puerto Ordaz de la C.V.G. Ferrominera Orinoco (Google Maps).

2.3 Filosofía de gestión

2.3.1 Visión

La Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A, tiene como visión Posicionarse en el mercado hierro – acero con capacidad fortalecida, competitividad y rentabilidad, que permita el reimpulso y aporte en el desarrollo de la empresa y el país.

2.3.2 Misión

La Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A, tiene como misión Extraer, beneficiar, transformar y suministrar mineral de hierro y derivados, con productividad, calidad y sustentabilidad, abasteciendo prioritariamente al sector siderúrgico nacional, enmarcando la gestión en los objetivos históricos del Plan de la Patria.

2.4 Geología general

En el continente Sudamericano las rocas de edad precámbrica se encuentran principalmente en los escudos de Guayana y Brasileiro, los cuales están separados por la cuenca del río Amazonas, expresión de una gran geo fractura profunda que se proyecta a más de 70 Km en la corteza. El escudo de Guayana tiene forma oval y su parte septentrional se encuentra en Venezuela al sur del Orinoco, mientras que en su parte meridional se adentra en Colombia, Brasil, Guayana, Surinam y Guayana Francesa, se originó durante movimientos tectónicos en el Precámbrico; durante el Cámbrico fue cubierto por el mar y las dos extensas regiones de Brasil y Guayana permanecieron como islas divididas por la faja del Amazonas. En la parte Venezolana comprende rocas arqueozoicas y proterozoicas de muy diversas litologías alteradas en mayor o menor escala durante una serie de eventos tectónicos mayores, cuyos períodos orogénicos tienen edades de 800 millones de años.

Con la base en caracteres petrológicos y tectónicos, el escudo de Guayana ha sido dividido en Venezuela en cuatro provincias conocidas como: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima. Éstas se diferencian en sus direcciones estructurales, estilos de deformación tectónica, asociaciones litológicas, metalogénicas y edades. Petrológicamente, la provincia de Imataca pertenece al denominado Cinturón Granulítico. Por su parte, la provincia de Pastora pertenece a los Cinturones Verdes y Cuchivero se caracteriza por grandes extensiones de granitos (1.800 a 2.000 millones de años) y granitos post-tectónicos (1.500 millones de años). La provincia de Roraima es una cobertura de sedimentos discordantes sobre rocas pertenecientes a la provincia de Pastora o Cuchivero.

2.5 Geología Regional

La columna estratigráfica del Escudo de Guayana, mostrada en la **Figura 2.3**, comienza con el granito gnéisico del Arqueano (Precámbrico Inferior) cubierto discordantemente por metasedimentos de la era Algokiana (Precámbrico Superior). Las rocas Precámbricas más antiguas son metamórficas, de alto grado, parcialmente magmáticas, representadas por paragneises, esquistos anfibólicos y anfibolitas, intrusionadas por granodioritas y rocas magmáticas básicas completamente deformadas.

La zona de interés para este estudio, correspondiente al distrito Ferrífero de Ciudad Piar, está localizada en la Provincia de Imataca, y las rocas incluidas dentro de ella han sido denominadas Complejo Imataca. Las rocas que componen este complejo afloran en la parte norte del Estado Bolívar, al Este del río Caura y paralelamente al río Orinoco hasta penetrar en el Estado Delta Amacuro y representan, hasta la fecha, las rocas más antiguas del país, con una roca de edad comprendida entre 3.500 y 3.600 millones de años.

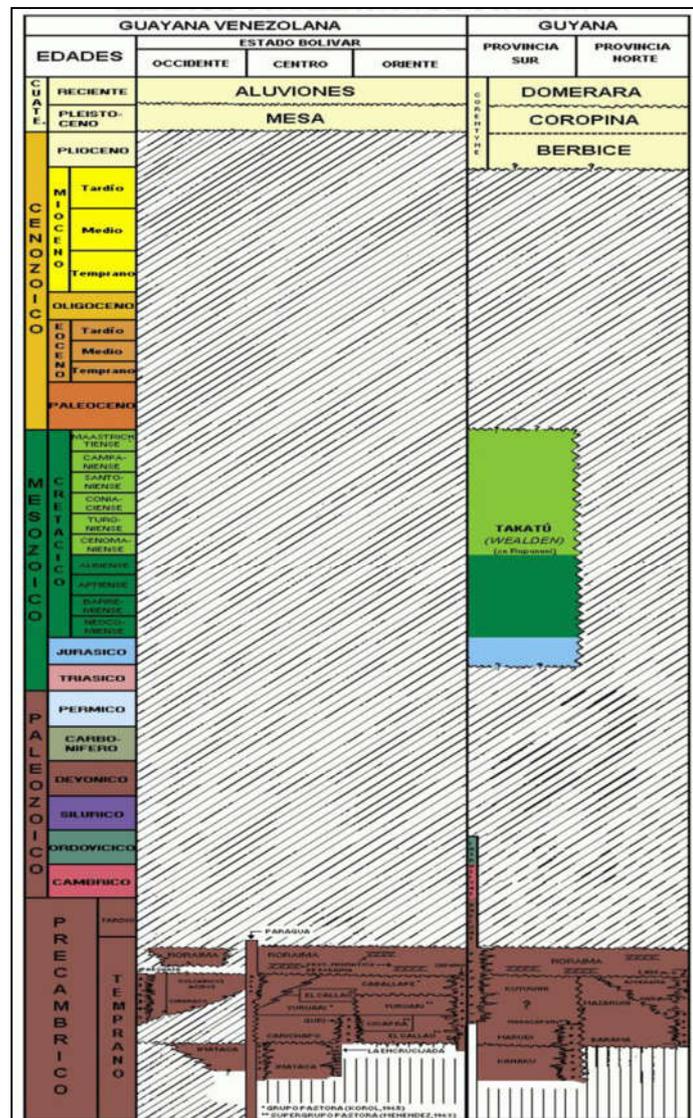


Figura 2.3 Columna Estratigráfica del Escudo de Guayana (L.E.V. 1996).

La Litología característica del Complejo de Imataca son gneises félsicos y máficos intercalados con capas de cuarcitas y cuarcitas ferruginosas, granulitos, esquistos anfibólicos, anfibolitas, mármoles dolomíticos y areniscas cuarzosas, existen además intrusiones de rocas granitoides, básicas, diques, sills de diabasa, vetas de pegmatita, aplita y cuarzo. El conjunto extensa e intensamente plegado y fallado, los

ejes de los grandes pliegues alargados se orientan en dirección N70° -90° E y en su gran mayoría son isoclinales (Carrero, F. 2004)

2.6 Geología de local

Las menas de hierro del Distrito Ferrífero de Piar se originaron a partir de las cuarcitas ferruginosas de Imataca por enriquecimiento supergénico. El proceso que genera las menas es la remoción por meteorización de la sílice y los silicatos de las cuarcitas ferruginosas con la consiguiente concentración residual de óxidos e hidróxidos de hierro. Una vez establecidas las rocas cuarcíticas, unos miles de años después, estas comenzaron a descomponerse con la humedad y el clima tropical. La magnetita se transformó a hematita y martita y otros óxidos de hierro, los cuales, interstratificados entre las bandas de cuarcita, comenzaron a sufrir cambios físico-químicos. Se inició también la descomposición de sílice, principal aglutinante y cemento original, más vulnerable a las condiciones ambientales, la cual, al disolverse comenzó a circular por las fisuras y fue a ocupar cavidades inferiores por percolación, los minerales de ganga como piroxenos y anfíboles son reemplazados por goetita, dando como resultado menas esencialmente hematíticas-goetíticas-martíticas. La acción del agua, aún puede observarse hoy en día. No solo se trataba de agua meteórica (lluvia), sino que subía por capilaridad. No se descarta la acción de cierta bacteria en los cambios de PH (acidez).

Por su parte el hierro iba poco a poco ocupando los espacios vacíos dejados por la sílice al ser lixiviado. Como la solubilidad de la sílice y su remoción era más o menos completa, la porosidad era directamente proporcional a aquella. El resultado final fue la concentración de enormes masas de finos desmenuzables que no fueron arrastrados a otros sitios, donde se hubieran dispersado, de no ser por la formación de una costra o caparazón muy duro formado por diversos óxidos hidratados que fueron cementando a

los otros óxidos en la superficie, donde las condiciones atmosféricas eran favorables. Esta costra en los yacimientos residuales como los del Cerro Bolívar, San Isidro, Altamira, etc, pueden variar en profundidad entre 2 a 6 mts.

En la mayoría de los yacimientos, el porcentaje (%) de fino con respecto a la costra es de 70 a 20. El proceso de enriquecimiento supergénico de las cuarcitas ferruginosas ha dado origen a distintos tipos de mena según sea la intensidad y naturaleza del proceso.

Los depósitos de mena de hierro del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro (Minas: San Isidro, Los Barrancos I y II, San Joaquín y Las Pailas), abarca una extensión de 11 Km de largo por 5 Km de ancho. Se podría considerar la totalidad del Cuadrilátero como un yacimiento por razones de sistematización de los datos y al hecho que los separan cuerpos estériles. Los depósitos del Cuadrilátero se describen a continuación:

2.6.1 Mina Cerro Bolívar

El cerro Bolívar es una colina alargada de 11 Km de largo por 3 Km de ancho localizado a 100 Km al sur de Ciudad Bolívar (Rodríguez, L. 2001) El mineral de Cerro Bolívar es de tipo secundario, desarrollado a partir de cuarcitas ferruginosas precámbricas de la serie Imataca (Carrero, F. 2004). Las cuarcitas ferruginosas se componen principalmente de cuarzo, hematita, magnetita y silicatos de menor proporción. En Cerro Bolívar, la sección estratigráfica de cuarcitas aumenta considerablemente de espesor y se repite varias veces como consecuencias de pliegues muy cerrados entre fallas inversas en estructura imbricada.

2.6.2 Mina Altamira

La región donde se encuentra la mina Altamira está compuesta principalmente por rocas ígneas y metamórficas con presencia de depósitos sedimentarios (Bolívar, 2014). De acuerdo con la estructura, los cuerpos los cuerpos de mena residual se desarrollan a partir de la formación de hierro (cuarcita ferruginosa) en los flancos de la estructura, por lo que la lixiviación de la sílice estuvo influenciada especialmente por la permeabilidad, habiendo, habiendo producido cuerpos enriquecidos irregulares a diferentes niveles, lo que provocó una variación irregular de la sílice (Rodríguez, L. 2001).

2.6.3 Mina San Isidro

Fue descubierto a finales de 1947, meses después de haber comenzado en la exploración del Cerro Bolívar. El mineral está recargado hacia el Sur, de ahí que, en un principio, se creía que no tenía reservas suficientes porque, visto desde el Norte, el contacto de la mena está muy alto; casi en el tope del cerro. Tiene una altura máxima de 710 mts sobre el nivel del mar; unos 410 mts sobre el nivel de las sabanas circundantes. En superficie la mena es bastante uniforme; el área de la zona mineralizada tiene tres Km de largo por 600 de ancho promedio y la profundidad media es de 60 m; está constituida por 8 % de finos y 20 % de costras (Rodríguez, L. 2001)..

2.6.4 Mina los Barrancos

Es el yacimiento más Oriental y el de mayor extensión del grupo San Isidro. Su parte Sur forma un escarpado (barranco) de falla de unos tres Km en dirección Este – Oeste, con alturas variables entre 30 y 150 mts sobre el nivel de las sabanas circunvecinas. Se puede afirmar que el yacimiento Los Barrancos y San Joaquín forman parte de un anticlinal cuya parte central está destruida por fallamiento transversal. El anticlinal tiene doble declive y está deprimido en su parte central, de manera tal que, las laderas de Barrancos I y II están muy próximos (Curra, 2000).

2.6.5 Mina Las Pailas

Se configura como una cavidad vertical, redondeada, producida por lixiviación o disolución de la sílice, que va percolando y se dispersa a través de las fracturas o grietas. Cuando este fenómeno se produce en calizas, la cavidad resultante se denomina delina. Ambas son cavidades verticales de disolución. Las Pailas tiene una altura máxima de 700 mts sobre el nivel del mar. Es redondeado y es el más pequeño del grupo (Curra, 2000).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Curra, A (2000) en su informe de pasantía realizó un estudio de la **“VARIABILIDAD DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN LOS CORTES DE VAGONES FORMADOS EN CIUDAD PIAR Y LAS PILAS DE PRODUCTOS ELABORADOS EN PUERTO ORDAZ EN C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A.”**. El principal objetivo de este trabajo fue el de comparar la variabilidad de los parámetros químicos de las pilas que se encontraban en formación en el área de Procesamiento de Mineral de Hierro (PMH) en Puerto Ordaz con el control llevado por el laboratorio de calidad en Ciudad Piar a través de los cortes de vagones; esto con la intención de verificar la fiabilidad del proceso, y el porqué de las diferencias. Este estudio abarcó a los productos FSI y FPF. La variabilidad se mostró por medios de gráficos y tablas, y haciendo uso de herramientas estadísticas como la media, la desviación estándar, los intervalos de confianza, la prueba de hipótesis por diferencia de medias, y el coeficiente de correlación lineal r .

De este trabajo se tomará en cuenta el uso de las herramientas estadísticas para el análisis de la variabilidad, así como los resultados obtenidos, ya que servirán de punto de comparación entre la eficiencia del proceso realizado por la Gerencia de Calidad de la empresa hace veintidós años y en la actualidad.

Odremán, D (2005) en su trabajo final de grado realizó una **“DETERMINACION DE LA VARIABILIDAD EN LA COMPOSICION QUIMICA DE PILAS DE HOMOGENEIZACION, RECUPERACION Y PRODUCCION DE PELLAS EN LA PLANTA DE PELLAS FERROMINERA**

ORINOCO, C.A. Este trabajo tuvo como objetivos la caracterización de los parámetros químicos de las pilas de mineral de hierro FPF durante su formación y recuperación, así como también conocer la variabilidad de la composición de dichas pilas y analizar la variación de los parámetros entre la pila formada, recuperada y las pellas producidas en la Planta de Pellas Ferrominera Orinoco, C.A. La presentación de los resultados de este trabajo fue más simple, pero cumple con el propósito de mostrar el efecto que tiene las pilas de homogeneización en las características químicas del mineral.

A efectos de ésta investigación se considerarán los factores que afectan la variabilidad en el uso de pilas de homogeneización, así como las consideraciones generales en proceso de control de calidad.

Everett, J., Howard, T. y Jupp, K. (2010) publicaron un trabajo con el título de **“SIMULATION MODELLING OF GRADE VARIABILITY FOR IRON ORE MINING, CRUSHING, STOCKPILING AND SHIP LOADING OPERATIONS”** realizado como parte de un proyecto de renovación de sistema de calidad de la empresa Cliffs Natural Resources Pty Ltd. (CNR) ubicada en la región de Koolyanobbing en Australia Occidental. El propósito de ese trabajo era el de diseñar un modelo de simulación que predijera el comportamiento la variabilidad del contenido de hierro en las operaciones de la empresa, tomando en cuenta los posibles cambios que se realizarían en el proceso productivo, con el fin de optimizar y reducir los costos del mismo. Aunque el trabajo no muestra detalladamente los resultados obtenidos, ni tampoco los modelos de simulación utilizados, sí presenta la filosofía y conceptos básicos utilizados en el manejo de los datos, así como una discusión sobre el efecto de los distintos procesos desde la explotación hasta el embarque.

De este trabajo se tomará en cuenta las recomendaciones para el cálculo y determinación de la variabilidad, así como del uso que se le da a la información con el

fin de optimizar el proceso productivo considerando las similitudes de la empresa CNR con Ferrominera.

Machado, M., Coimbra, J., Tamantini, D., Stangler, R., Birro, E. y Koppe, J., (2010) realizaron un trabajo titulado **“A COMPROVAÇÃO DA RELAÇÃO VOLUME X VARIÂNCIA NA HOMOGENEIZAÇÃO DA SÍLICA EM MINÉRIO DE FERRO”**. El propósito de este era el de comprobar la relación que existe entre el volumen de la pila de homogeneización y la variación del contenido de sílice en el mineral de hierro a una granulometría por debajo de los 0,15mm, el cuál es un contaminante altamente errático dentro los depósitos de hierro. Acá se toma en cuenta el hecho de que las pilas de homogeneización por lo general son hechas a partir de diferentes minas y frentes de explotación, por lo que la variabilidad de la característica evaluada puede verse fuertemente afectada. Los autores llegaron a la conclusión de que conforme aumenta el volumen de la pila de homogeneización la varianza se ve reducido considerablemente, independientemente de las minas de origen.

De este trabajo resulta de interés la metodología aplicada para determinar el coeficiente de variación (CV) y la tasa de reducción de la variabilidad (TRV). Además este ha sido utilizado anteriormente como referencia en trabajos realizado por la Gerencia de calidad de la empresa.

Véliz, R (2017) en su Trabajo Final de Grado realizó una **“DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD *IN-SITU* Y LA DENSIDAD A GRANEL DE LAS PILAS DE FINOS FSF A FIN DE DISMINUIR LOS COSTOS DE OPERACIÓN A LA EMPRESA C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A.”** En este trabajo la propiedad evaluada fue la densidad, comparando la relación existente entre los resultados del Ensayo de Cono de Arena según la norma ASTM D1556-82 y los del ensayo de Densidad a Granel realizado en el laboratorio

físico de la Gerencia de Calidad de la empresa. De igual forma también realiza un análisis de la calidad del producto, tomando en cuenta la litología y el aporte por minas, pero el número de pilas evaluadas no eran suficientes para determinar la influencia de estos factores en los distintos parámetros. Para la presentación de los resultados el autor hace uso de otras herramientas estadísticas distintas de las que ya se han mencionado hasta ahora, cómo los histogramas, el gráfico de cajas y bigotes (boplots o box and whiskers) y los índices de capacidad Cp y Cpk, además de emplear el software de análisis estadístico StatGraphics.

De este trabajo se tomó en cuenta el uso del programa StatGraphics como una herramienta que facilita el análisis de datos y que pudiera utilizarse para optimizar el trabajo de la Gerencia de Calidad.

3.2 Proceso productivo y aseguramiento de la calidad del mineral de hierro

A continuación se muestra un resumen el proceso productivo por el que pasa el mineral de hierro, y las actividades destinadas al aseguramiento de la calidad del mismo según se plantea en las normas y procedimientos 104-P-20, 104-P-33, 842-P-01 y 842-P-02.

3.2.1 Superintendencia de Aseguramiento Ciudad Piar

Se encarga de coordinar, dirigir y controlar la ejecución de las actividades destinadas al aseguramiento de la calidad de las operaciones de producción en Ciudad Piar. Los parámetros que definen la calidad son ciertos valores indicadores de distintos aspectos relativos a la calidad, entre los que podemos mencionar Calidad de diseño, disponibilidad y servicio.

El Departamento de Aseguramiento Ciudad Piar, tiene la responsabilidad de la toma de muestras de los frentes de trabajo, los conos para voladuras, de los vagones tipo góndola y tipo tolva; pero estas operaciones de muestreo son definidas más adelante; de igual manera, se encarga del proceso de control de trenes, ubicación del equipo de producción a través de las planchetas o planos de grados químicos, la sectorización de los trenes y seguimiento de la pila de homogeneización (Pila “H”) o pilas de productos en formación. A continuación se describen estas actividades.

3.2.1.1 Seguimiento de la pila “H”

Al inicio de cada turno se verifica el estado de la pila “H” que se diseñan en la Superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso, para establecer así la programación de la producción y de esta manera, controlar la formación de las pilas, dentro de los lineamientos acordados en el plan de pilas y en función de los tipos de productos.

3.2.1.2 Ubicación y distribución del equipo de producción

Los equipos se ubican en los frentes de producción en base a las planchetas o planos de grados químicos que suministra la Superintendencia de Planificación a Corto Plazo a la Superintendencia de Aseguramiento Ciudad Piar. La ubicación en los frentes se hace de acuerdo al programa que proporciona el Jefe del Departamento de Aseguramiento o Jefe de Turno a los Coordinadores para obtener las especificaciones físico-químicas necesarias para el producto que está en formación. El Departamento de Producción también tiene la potestad de realizar esta ubicación cuando el proceso de producción sea homogéneo, es decir, se produce para una sola pila o que existan rangos de libertad en las especificaciones físico-químicas de la pila en formación.

3.2.1.3 Distribución y registro de vagones vacíos

Primeramente un corte de vagones, es una sucesión de vagones conectados entre sí en los muelles de las diferentes minas. Un tren es conformado por 4 cortes, pudiendo llegar a 5, de acuerdo al plan de producción. El jefe de turno de Aseguramiento de Ciudad Piar realiza la distribución de vagones vacíos hacia los muelles y plataformas de carga de las diferentes minas, siguiendo los lineamientos de la programación semanal de minas, programa de producción por turnos y de acuerdo a la evolución de los sectores de la pila en formación. Posteriormente el Coordinador de Aseguramiento identifica cada lote MM en el Sistema SAP, de forma correlativa, comenzando con el número 1 del primer turno del día lunes de cada semana para cada mina.

3.2.1.4 Carga de Vagones

Ubicados los vagones en los muelles de carga respectivos, son cargados los cortes de acuerdo al programa establecido. El tipo de alimentación es un factor sumamente importante para la definición de las características litológicas y los porcentajes granulométricos de los vagones llenados con un equipo en específico; pudiendo ser la alimentación 1:1, 2:1, 3:1.

Una vez cargados los vagones se toman las muestras para ser enviadas al Jefatura de Área de Laboratorio Ciudad Piar donde son procesadas y analizadas, para luego realizar la estimación de los cortes.

3.2.1.5 Estimación de los cortes cargados de mineral

Para estimar los cortes se sigue el siguiente procedimiento:

1. Una vez lleno el lote MM “corte de vagones”, se chequea las observaciones realizadas por el Coordinador de Aseguramiento del porcentaje de costras y finos y la litología descrita (hasta 3 tipos de menas predominantes).

2. Se completa el formato FERRO-4476 con los resultados de los análisis físicos y químicos reportados por el laboratorio, en el sistema SAP. En caso de que los resultados no se encuentren dentro del rango establecido, y se haya verificado de que no se trata de un error de transcripción se puede decidir a repetir el ensayo.
3. Se realiza un promedio ponderado de los grados físicos-químicos de los lotes MM para mineral de costra y fino.
4. En caso de que el laboratorio no pueda reportar los resultados de algunos de los parámetros físicos y químicos de los lotes MM, se revisan los Planos de Grados Químicos, la evolución de las muestras de los frentes excavados y los últimos cortes cargados y estima los resultados a ser tomados en consideración.

3.2.1.6 Conformación de Trenes

Una vez acoplados los cortes de vagones cargados en las diferentes minas por la Superintendencia de Operaciones Ferroviarias Ciudad Piar, la Superintendencia de Aseguramiento Ciudad Piar verifica la cantidad de vagones, número de cada corte y su procedencia respectiva para cada tren despachado de Puerto Ordaz. Con esta información se ordenan los grupos de los lotes MM para luego ser introducido en el sistema SAP de la Superintendencia de Aseguramiento. En otras palabras, la conformación del tren es una secuencia de vagones distribuidos en el tren.

3.2.1.7 Sectorización de Trenes

Es la ubicación de los grupos de vagones que lleva un tren a los diferentes sectores de la Pila de Homogeneización en formación. Esta se realiza mediante la verificación de la Pila “H” y la prioridad del grado físico-químico de cada grupo de un tren, asignando los grupos de tal manera de mantener el grado esperado en los diferentes sectores de la Pila.

3.2.2 Superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso

Desde el punto de vista de la calidad, este Departamento interviene en el proceso de volteo de vagones (secuencia) que pasan por el sistema de molinos que reducen el mineral Todo en Uno (TEU) a una granulometría 0-1/4”, indicando los sectores de Pila “H” a que debe ir, de acuerdo a las características físico-químicas. Existen cuatro sectores para la formación de Pilas, identificadas como A, B, C, y D; siendo los sectores PHD y PHC los destinados al despacho nacional ubicados en el área 18. Los otros dos sectores PHA y PHB ubicados en el área 8; se destinan al despacho internacional. Estos sectores se llenan en forma continua para mantener la producción, es decir, al estar llena una de ellas se comienza su transferencia y despacho, y simultáneamente se va formando la otra., todo esto dependen del plan de producción y despacho.

Actualmente el proceso de apilado según el tipo de producto difiere del planteado por las normas y procedimientos de la empresa, esto debido a que el área de producción no se encuentra en toda su capacidad de operación, por lo que se ha tenido que modificar. El FSF va a la pila PHB, el FSI a la pila PHC; el FPF que va a SIDOR es enviando directamente a los trenes de despacho a través del Panel 8, se envía crudo (sin homogeneizar), sin embargo, los resultados del muestreo de los trenes despachados se registran como parte de una pila PHD, la cual solo existe virtualmente.

Cada uno de estos productos presenta una serie de especificaciones con el objeto de cumplir con las exigencias de calidad de los clientes

Normalmente C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. vende el mineral extraído de acuerdo a los patrones establecidos. La obtención de las características químicas se logra desde la mina, a través de la elaboración de los cortes. Un corte consiste en varios vagones cargados de mineral procedentes de las minas, con diferentes características

químicas, pero al homogeneizarse, se obtiene el patrón requerido. La agrupación de vagones en cortes, es una de las tareas más importantes que se realizan en la explotación del mineral. Los cortes se trasladan en trenes, la frecuencia de los trenes depende mayormente de la demanda de mineral.

3.2.2.1 Las fases del proceso de Puerto Ordaz

3.2.2.2 Vaciado del mineral

Los trenes se reciben en Puerto Ordaz, en el patio de vagones, reagrupándose en cortes. Los cortes se colocan en uno de los cuatro canales en las cercanías del volteador de vagones W 8000. El vaciado consiste en retirar el mineral de los vagones, colocándolo en la entrada del sector de trituración, concretamente en el triturador primario PA – 8000. El encargado de la Gerencia de Ferrocarril se ocupa de liberar los vagones uno por uno, luego se deslizan los vagones hacia el empujador de vagones, para luego trasladarlos al volteador. En esta etapa actúan en conjunto la Superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso y la Gerencia de Ferrocarril.

3.2.3 Trituración del mineral

❖ Trituración Primaria: El proceso de trituración se inicia en el triturador primario, el cual está ubicado a 17 metros de profundidad, se separa el mineral grueso mayor de 8 pulgadas mediante una criba de barrotes fijos del resto del mineral TEU y pasa al triturador a una rata de 3600 Tn/H. El mineral con granulometría menor de 8 pulgadas se une al mineral que sale del triturador primario por medio de un alimentador de orugas y es transportado a la estación de trituración secundaria por 2 cintas transportadoras JD-8001 y JD-8002, a la rata de volteo mencionada con anterioridad. El proceso de trituración primaria presenta una capacidad máxima de operación de

5400 Tn/H, sin embargo, se debe destacar que este triturador no tiene elevada capacidad.

❖ Trituración Secundaria: En esta etapa, el mineral procedente de la trituración primaria con una granulometría de hasta 4 pulgadas, se recibe en la tolva FE-8002, desde allí se alimenta a 4 cribas vibratorias FD-800 A-D por medio de las cintas transportadoras. El mineral TEU menor a 4 pulgadas pasa a través de la malla, el mineral con granulometría mayor a 4 pulgadas se separa y se envía a los trituradores PA-8003 A-B. El mineral que sale de los trituradores se une al mineral TEU que pasa por la malla y por medio de 7 cintas transportadoras, es enviado hasta la estación de trituración terciaria.

❖ Trituración Terciaria: El mineral TEU procedentes de los trituradores secundarios, se recibe en 10 tolvas de compensación de 250Tn cada una. El mineral es vaciado a 10 cribas vibratorias de 8000T/h, las cuales separan el mineral mayor a 1 ¼ de pulgadas para llevarlos a 4 tolvas de compensación de 500Tn, cada una por medio de la cinta transportadora JD-8086, Desde aquí el mineral grueso alimenta a 4 trituradores y al salir de estos se une al resto del mineral TEU por medio de la cinta transportadora JD-8024 C y es llevado hasta la estación de cernido natural por la cinta transportadora JD-1205. Al salir de la trituración terciaria, la granulometría del mineral es menor a 1 ¼ de pulgadas y menor o igual a 3/8 de pulgada.

3.2.3.1 Cernido Natural

Esta estación consiste de 13 tolvas de compensación de 250Tn cada una, de 13 alimentadores de cintas transportadoras y 13 cribas vibratorias con apertura de malla de 3/8 de pulgada. El mineral se recibe en un embudo móvil y desde aquí cae a las cintas transportadoras reversibles JD-5041 A-B, que a su vez lo lleva a las tolvas FE-5042 A-J, desde aquí cae en los alimentadores que lo depositan en las parrillas de las

cribas. El mineral con granulometría mayor o igual a 3/8 de pulgadas pasa por encima de los mallas y se envía por las cintas transportadoras JD-5051 y JD-5052 a la tolva de compensación de 2000Tn. El mineral que pasa a través de las mallas vibratorias se lleva por medio de las cintas transportadoras JD-5049 y JD-5050 hasta la tolva de finos mixtas.

3.2.3.2 Homogeneización del mineral

Consiste en el apilamiento en capas superpuestas del mineral hierro, con el fin de homogeneizar las características fisico-químicas del mismo.

3.2.3.3 Recuperación del mineral de las pilas de homogeneización

El mineral se recupera por medio de dos ruedas de cangilones de 5000 Tn de capacidad, que recoge al mineral en secciones perpendiculares a la pila, completando así la homogeneización, alimentando la planta de cernido natural o enviándola a la planta de secado.

3.2.3.4 Tolva de compensación

La tolva de compensación de 20000 Tn de capacidad se encuentra ubicada entre la planta de cernido natural y la planta de secado.

La tolva de compensación puede alimentarse directamente con el mineral procedente de las pilas de homogeneización y en forma simultánea con el que viene de la planta de cernido natural. Al llenarse la tolva se dispara el dispositivo de alto nivel de forma automática, paralizando el proceso de alimentación.

3.2.3.5 Planta de secado y cernido al seco

El mineral con tamaño comprendido entre $1\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{8}$ de pulgada, tiene una humedad que dificulta un poco la separación de las partículas finas que están adheridas al mineral grueso. Por esta razón, se necesita reducir el contenido de humedad a valores entre 5% y 6%, para lograr un cernido eficiente. Una tolva de compensación, dos alimentadores y correas transportadoras suministran el mineral a dos secadoras rotatorias similares de aproximadamente 30m de largo. De los secadores, el mineral sigue a la planta de cernido en seco. Esta planta consiste en 5 tolvas cónicas alimentadoras de 250Tn de capacidad cada una posee un área de 7,5m cuadrados, con una capacidad de alimentación de 400Tn/H por cada tamiz la parte fina menor a $\frac{3}{8}$ de pulgada de diámetro pasa a través de la parrilla en tanto que la fracción gruesa del mineral con tamaño entre $1\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{8}$ de pulgadas pase por encima

Actualmente, esta parte del proceso no se cumple debido a que la planta de secado se encuentra fuera de servicio. La solución tomada por la empresa consiste en llevar el mineral que sale de la JD-5051-A a las Plantas 7 y 8 para ser separados. La fracción menor $\frac{3}{8}$ se clasifica como FSF, y la fracción gruesa entre $1\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{8}$ de pulga es clasificado como Grueso San Isidro Calibrado (GSIC). El sobre tamaño mayor a $1\frac{1}{4}$ ” se lleva a la Planta 11 donde son trituradas nuevamente y luego separado la fracción fina de la gruesa.

3.2.3.6 Pilas de almacenamiento de mineral fino

C.V.G Ferrominera Orinoco C.A cuenta con los siguientes lugares de almacenamiento de mineral de hierro: la pila norte, donde se almacena exclusivamente mineral fino, la pila sur para mineral fino y grueso y la pila principal para mineral fino y pellas procedentes de SIDOR. La capacidad total de almacenamiento corresponde a un valor aproximado a dos millones seiscientos mil Tn (2.600.000 Tn).

3.2.3.7 Elaboración de Pellas

La pella es un aglomerado de mineral de hierro, de forma esférica y de tamaño variable entre 10-16 mm, que utiliza un agente aglomerante (cal o bentonita) y cuyo contenido de hierro total es del orden de 67 % y constituye el principal insumo de las plantas de reducción directa, donde contribuye a la disminución del volumen de chatarras requeridas para la fabricación del acero, utilizándose igualmente en la alimentación de los altos hornos siderúrgicos. Las pellas de la empresa. se fabrican en la Planta Pellas (PPFMO).

3.2.3.8 Elaboración de briquetas

La planta de briquetas de la C.V.G. Ferrominera Orinoco arranca la producción de hierro de reducción directa en 2021. El hierro briqueteado en caliente le aporta un valor agregado a las pellas y el mineral grueso, que luego pasa por el reactor junto al gas reductor para obtener metálico, producto de la eliminación del oxígeno. Proceso que se lleva a cabo a elevadas temperaturas; manteniendo una suave consistencia para ser comprimidas en las máquinas briqueteadoras que le dan forma rectangular, para finalmente pasar por un proceso de enfriamiento, pasivamente y almacenaje.

3.2.3.9 Despacho de productos.

❖ Despacho Internacional: El mineral para exportación se deposita en todas las pilas de producción, el embarque se realiza por medio del recuperador de cangilones. El sistema se emplea cuando el mineral se embarca desde las pilas Sur y Norte el cual es embarcado desde la pila principal, este se recupera por medio de un sistema de paletas rotatorias y correas transportadoras las cuales funcionan en dos túneles y se

ubicar en la parte inferior del depósito. Durante la carga de mineral fino, se puede enviar de manera simultánea desde la pila Norte, la pila Sur y la pila Principal.

❖ Despacho Nacional: Una vez formada las pilas PHC el Jefe de Turno de Aseguramiento o el Coordinador de Aseguramiento de la Calidad realiza el reporte de la calidad de la pilas de finos a los clientes nacionales, luego de haber solicitado la litología y el aporte por minas a la Superintendencia de Aseguramiento Ciudad Piar. A continuación se presenta los métodos de despacho para los principales clientes.

Despacho para VENPRECAR: la carga de mineral GSIC se realiza por medio de cargadores frontales con camiones, desde la pila de productos gruesos. La carga se cuantifica en la romana ubicada a pocos metros del portón principal de la empresa.

Despacho para SIDOR: El mineral se transporta a las tolvas del panel 8, que tienen una capacidad de 1500Tn cada una. El mineral se coloca en vagones los cuales conforman un tren de despacho. Este mineral se despacha crudo.

Despacho para Orinoco Iron: Este mineral se despacha por trenes, y es proveniente las pilas de homogeneización PHC las cuales se crean exclusivamente para el despacho de este cliente.

3.3 Tipos de muestreo en C.V.G Ferrominera Orinoco C.A.

La toma de muestras nunca puede ser reducida a ciegas reglas del azar, debe ser llevada a cabo de conformidad con los principios geológicos, características del yacimiento y la planificación del proceso de explotación y control de calidad (Curra, 2000).

3.3.1 Muestreo en Ciudad Piar

La Superintendencia de Aseguramiento de la Calidad de Ciudad Piar; es el encargado de llevar a cabo el proceso de muestreo durante la extracción, carga y acarreo del mineral; traduciéndose en los cinco métodos de muestreo base.

3.3.1.1 Muestreo de los conos para voladura:

Cuando se realiza el arranque del mineral por medio de voladuras, producto de cada hueco de la perforación queda un cono o pila de mineral en la superficie del hueco, estos conos de detritos de perforación es representativo de los 17.5m perforados en promedio para cada hueco y con estas muestras se construyen los planos de grados químicos. El personal de Aseguramiento de la Calidad sección Ciudad Piar toma muestras de este material para realizarle el análisis fisico-químico. El proceso de muestreo es el siguiente:

1. Se abren dos zanjas a ambos lados del cono con la pala hasta llegar a ras de piso, sin contaminar la muestra y sin tapar la perforación; esto lo realiza el operario muestreador. El material de las paredes de las zanjas es extraído con las palas y homogeneizado.
2. Del material homogeneizado se toman de 3 a 3,5 K para muestra, en caso de que el material de ambas zanjas sea homogéneo, se puede sacar material de una sola zanja, y si por el contrario es heterogéneo se toma material de ambas zanjas.
3. El material se introduce en las bolsas y para cada bolsa de muestra se llenan dos tarjetas de identificación, una para el laboratorio y la otra para llevar el control de las perforaciones que han sido muestreadas en el croquis de la zona hecho por topografía.

3.3.1.2 Muestreo de los frentes de producción

En los frentes de producción donde se realiza la extracción del mineral, se toman muestras representativas de todo el frente, siguiendo el siguiente proceso:

1. Asegurándose que el balde de la pala se encuentra en el suelo y si no es así solicitarlo al operador que la baje para evitar un accidente. Se toma una muestra de 30m del radio de acción de la pala.
2. Si el material es homogéneo se toma un solo tipo de muestra de aproximadamente 6Kg. Pero si el material es fino y grueso, se toman 6Kg para cada categoría y las muestras son enviadas al laboratorio.

3.3.1.3 Muestreo de vagones:

Existen en la empresa dos tipos de vagones: a) Vagón góndola: Son vagones que descargan por volteo lateral (en el volteador de vagones de Puerto Ordaz) y conforman los trenes para el transporte de mineral desde la mina hasta Puerto Ordaz, b) Vagón tolva: Son vagones que descargan a fosa por su parte inferior y conforman los trenes para el transporte de pellas, mineral fino y grueso calibrado.

Dependiendo del tipo de material que llenan los vagones se escoge entonces la forma del muestreo.

1. Si el corte es llenado con dos equipos, para cada una se toma muestra de fino y grueso, si este fuera de dos cortes distintos.
2. Si el material del corte es silicio, ($\text{SiO}_2 \geq 2$) de acuerdo al plano de grados químicos, proviene de la Planta de Trituración los Barrancos (PTLB), de un frente de empuje o un material muy heterogéneo se debe muestrear todo el corte (fino y grueso).

3. Si el material es homogéneo, se debe muestrear tres vagones al azar para obtener una muestra representativa (fino y grueso si lo hay).

4. Si el porcentaje de Al_2O_3 es mayor a dos de acuerdo el plano de grados químicos, se deben muestrear todos los vagones; con los análisis se estiman los cortes de vagones.

5. El muestreo se realiza tomando tres incrementos (cantidad de mineral recolectado en una sencilla operación mediante un dispositivo de muestreo) por vagón en forma diagonal y en zigzag a lo largo de todo el corte.

3.3.1.4 Muestreo de mineral apilado

En las pilas el operario muestreador realiza el muestreo sobre la superficie del mineral apilado, tanto para mineral fino como para grueso, tomando un incremento cada viaje de mineral apilado. El mineral cuyo contenido de SiO_2 es mayor o igual a 21% ($SiO_2 \geq 21\%$) es enviado a los depósitos; hasta que pueda ser usado para la formación de pilas de productos.

Si la mena no cumple con los requisitos de calidad para la pila de homogeneización en formación y por necesidades operativas el mineral debe ser excavado, el operario muestreador realiza el muestreo del mineral en la medida en que este es extraído Notifica al coordinador de aseguramiento para que ordene el apilamiento en las zonas de las minas destinadas para tal fin y estas zonas están identificadas por tablillas que el Departamento de Topografía coloca en el sitio.

El operario muestreador realiza el muestreo sobre la superficie del mineral apilado, tomando muestras por incrementos del mineral fino, así como del grueso (costra) para luego preparar un compuesto de mineral apilado.

3.3.2 Muestreo en Puerto Ordaz.

El Departamento de Aseguramiento de la Calidad de Puerto Ordaz se encarga del muestreo de los productos en su proceso de formación y transporte a su lugar de destino. Las muestras una vez tomadas son entregadas a la Jefatura de Área de Laboratorio Puerto Ordaz para su procesamiento. En caso del que promedio aritmético o ponderado de uno o más parámetro está fuera de especificación se aplica las normas referentes al material no conforme. Si todo está dentro de las especificaciones, entonces se procede a la liberación del material.

3.3.2.1 Muestreo durante el procesamiento del mineral

Durante la formación de la pilas de homogeneización PHA, PHB, PHC Y PHD el operario muestreador, toma incrementos de 5 ± 1 Kg hasta formar una muestra representativa de aproximadamente 20 ± 5 Kg por cada 60 vagones volteados. Por otro lado para el mineral grueso se toma una muestra por turno de 20 ± 5 Kg. Las muestras se toman de las diferentes cintas según lo que se observa en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Correas para la toma de muestras de mineral apilado

MINERAL	APILAMIENTO	PILA	CORREA
FINO	Chevrón o Cono	PHA y PHB	JD-5004
FINO	Chevrón o Cono	PHC y PHD	JD-1802 o JD-1084
FINO	Cono	Norte	JD-9015
GSIC		Sur o Radiar	JD-9010

El procedimiento para muestrear correas en marcha, consiste en introducir la pala con punta cuadrada en la parte superior del mineral, en sentido igual al avance de la correa y extraer la porción de mineral contenida en la pala para depositarla en la bolsa. Este proceso se debe repetir hasta completar el tamaño de muestra representativo.

El procedimiento para la toma de muestras en correas en movimiento para la transferencia y el despacho es similar, variando solo la ubicación de la cinta donde se tomará la muestra.

3.3.2.2 Muestreo durante la transferencia de pilas

❖ Muestreo durante la transferencia de mineral de fino en las pilas PHA y PHB: en la correa JD-9015, se toman dos incrementos de mineral en cada turno según el avance del recuperador, hasta formar una muestra de 15 ± 5 Kg, representativa del mineral transferido durante el turno.

❖ Muestreo durante la transferencia de mineral grueso: se verifica el sitio de carga y se acuerda con el operador de PMH el lugar de carga del mineral GSIC, con base en las características físicas. El despacho se realizará de la siguiente manera: a) A PPFMO, desde la pila sur de productos o desde la planta cribado las pilas siete, ocho u once; b) a Palúa, desde la pila sur de producto o desde la planta siete.

3.3.2.3 Muestreo en despachos por trenes

❖ Muestreo del despacho de mineral fino: se toman ocho incrementos durante el llenado de las tolvas del panel ocho en la correa JD-1813 o JD-1809 cuando se despacha de la pila PHC o PHD.

❖ Muestreo del despacho de mineral grueso: se toma una muestra de 15 ± 5 Kg por cada tren que se esté cargando durante la carga y/o acarreo del material.

3.3.2.4 Muestreo en despachos por barcos.

Se toma un incremento por cada 500 t si es mineral fino, y cada 1.000 t si es mineral grueso hasta formar una muestra representativa para el compuesto de 6.000 t. Las muestras son tomadas dependiendo del muelle en el que se esté cargando y según la pila desde donde se esté despachando el material, tal como se ve en la Tabla 3.2 **Tabla 3.1.**

Tabla 3.2 Correas para la toma de muestras del despacho por barco de mineral fino.

MINERAL	MUELLE	PILA DE ORIGEN	CORREA
Fino	Puerto Ordaz	Principal	JD-8012
Fino	Puerto Ordaz	Norte	JD-8012 o JD-9021
Fino	Puerto Ordaz	PHA o PHB	JD-5004A o JD-5004B
Fino	Palúa		CN-12
Grueso	Puerto Ordaz		JD-9021
Grueso	Palúa		CN-12

3.3.2.5 Muestreo en despachos por camiones.

Se toman incrementos cada turno hasta formar una muestra de 30 Kg \pm 5 Kg. Detenido el equipo de producción, el operario muestreador toma muestras al azar, cubriendo la mayor parte del frente del sector del cual se está cargando el mineral y los va depositando en las bolsas o el balde para formar el incremento de la muestra. Identifica la muestra y la traslada al vehículo.

3.4 Variabilidad en el proceso de producción

Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible obtener dos productos exactamente iguales. Dicho de otra manera las características del producto fabricado no son uniformes y presentan una variabilidad (Ruiz, 2006). Nada puede hacerse para suprimir por completo las variaciones en los procesos, pero la gerencia tiene la opción de investigar las causas de variación a fin de

minimizarlas (Gonzales y Carro) Es aquí donde entra el Control estadístico de proceso (Statistical Process Control, SPC), el cual consiste en la aplicación de técnicas estadísticas para determinar si el resultado de un proceso concuerda con el diseño del producto o servicio correspondiente. Unas de las herramientas más comúnmente utilizadas en el SPC son las gráficas de control, la cual sirve para identificar cuando el proceso de producción ha cambiado y por lo tanto los productos y servicios se desvían de sus especificaciones de diseño.

3.4.1 Fundamentos estadísticos

Para el entendimiento del SPC es necesario comprender las bases teóricas de la Distribución Normal y de la Campana de Gauss. Este tipo de modelo distribución es el más ampliamente utilizado para la distribución de variables aleatorias. En la **Figura 3.1** podemos apreciar la forma que tiene la función de densidad de la esta distribución normal, la cual asemeja a una campana (de ahí su nombre); es simétrico con respecto a la media (μ) y lleva múltiplos de la desviación estándar (σ) a los lados. En la figura se aprecia la probabilidad de que una muestra aleatoria se encuentre dentro de los distintos rangos de la campana.

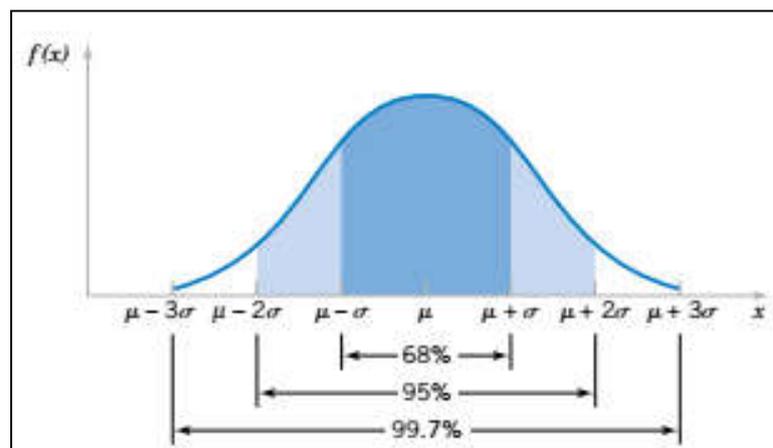


Figura 3.1 Probabilidades asociadas a la distribución normal (Gonzales y Carros s.f.)

La Distribución normal está basado en el teorema del límite central (TLC), el cual establece que si una variable aleatoria se obtiene como una suma de muchas causas independientes, siendo cada una de ellas de poca importancia respecto al conjunto, entonces su distribución es asintóticamente normal.

3.4.2 Determinación de la variación del proceso

En la Figura 3.2 se aprecian los pasos para determinar la variación del proceso, desde la perspectiva del Control Estadístico de Proceso. En primer lugar (a) se toma una serie de pequeñas muestras y se las coloca en una escala proporcional (eje horizontal). Después, en el eje vertical se indica el número de veces que ocurrieron (frecuencia). Eventualmente, después de cierto número de muestras se tiene la distribución normal (b). Las distribuciones, por supuesto, difieren (c), dependiendo de lo que revelaron las muestras. Si sólo se encuentran causas de variaciones naturales en el proceso, entonces las distribuciones serán similares a la que se ve en la figura (d). Si aparecen causas de variaciones asignables, entonces las muestras producirán distribuciones inesperadas.

3.4.3 Tipos de causas de variabilidad

3.4.3.1 Causas comunes

Son fuentes de variaciones puramente aleatorias, no identificables e imposibles de evitar mientras se utilice el procedimiento actual (Gonzales y Carro, s.f.). Corresponden a todas las causas de variación de los datos dentro de una distribución normal.

3.4.3.2 Causas asignables

Corresponden a las causas de variación que pueden ser identificadas y por consiguiente, eliminada o añadidas al proceso (Gonzales y Carro, s.f.). Estas causas tienen un efecto preponderante en la variabilidad, y en consecuencia la distribución de las características no tiene por qué seguir la ley normal (Falcó, 2006).

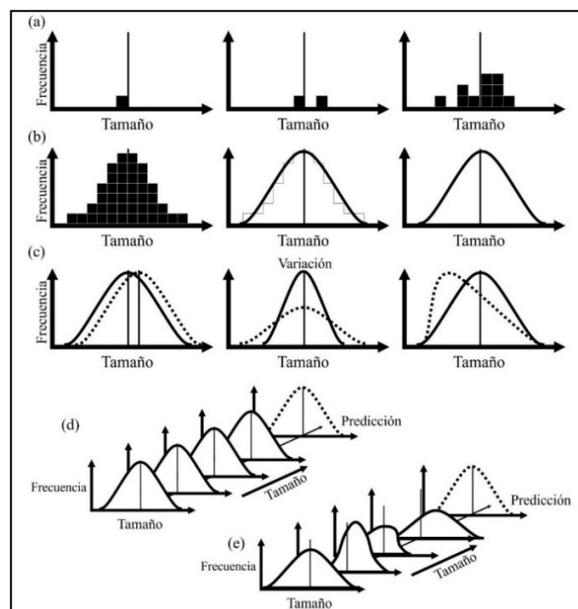


Figura 3.2 Variaciones Naturales y Asignables (Gonzales y Carros s.f.)

3.5 Términos estadísticos

3.5.1 Medidas de tendencia central

3.5.1.1 Media aritmética

Es la suma de todos los valores dividida entre el número de valores. El símbolo que se usa para la media poblacional es la letra griega μ y el símbolo para la media de la muestra es \bar{X} (X barra). La ecuación que la define es:

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} \quad (3.1)$$

Donde:

X = Media muestral

ΣX = Suma de todos los valores de los datos de la muestra

n = Tamaño de la muestra

3.5.1.2 Promedio ponderado

Es la asociación de los valores de los datos con los pesos de donde provienen los mismos y dependiendo de la relación asignada a cada dato y también se conoce como una suma producto de los valores (Odremán, 2005).

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^n W_i X_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (3.2)$$

Donde:

X_w = Media ponderada

X_i = Valores de los datos a promediar

W_i = Pesos aplicados a los valores x

3.5.2 Medidas de variabilidad

3.5.2.1 Varianza S^2

Es el promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores de los datos y la media. Su ecuación es:

$$S^2 = \frac{\Sigma(x-\bar{X})^2}{n-1} \quad (3.3)$$

3.5.2.2 Desviación estándar

Es aquella que mide la cantidad típica en la que los valores del conjunto de datos difieren de la media. La desviación estándar se usa en general para describir el grado en el que un conjunto de datos se dispersa alrededor de su media.

Una desviación estándar pequeña significa que los valores tienden a estar muy cerca de la media; mientras que una desviación estándar grande indica que los valores se encuentran ampliamente dispersos alrededor de la media. Su ecuación es la siguiente:

$$S = \sqrt{S^2} \quad (3.4)$$

3.6 Pilas de homogeneización

Como respuesta a la variabilidad que presentan las características físicas y químicas del mineral extraído de las distintas minas, existen las Pilas de Homogeneización, las cuales son pilas compuestas por uno, dos o tres sectores, los cuales son formados con mineral proveniente de las minas para lograr una mejor homogeneidad en los productos finales. Están ubicadas en el área de la planta de procesamiento de mineral de hierro en Puerto Ordaz.

3.6.1 Efectos de las pilas de homogeneización

Un sistema de homogenización consiste de dos operaciones esenciales: almacenaje y extracción. La homogeneización ofrece un número de ventajas en los procesos continuos de producción de alta capacidad, además de proveer relativamente un control esencial de la uniformidad de una gran cantidad de minerales.

Algunas de las ventajas de las pilas de homogeneización consiste en: a) 100% de almacenamiento efectivo, b) mayor facilidad en la elección de las materias primas, c) completa automatización del sistema de mezclas; d) el uso de materiales los cuales por sí mismos no serían aceptados, normalmente, para los procesos industriales; e) bajo costo de trabajo civil, operación, mantenimiento y reparación.

Machado et. al. (2017) demostraron que existe una relación entre el volumen de la pila y la disminución de la variabilidad de los valores de la misma tal como se muestra en la **Figura 3.3**.

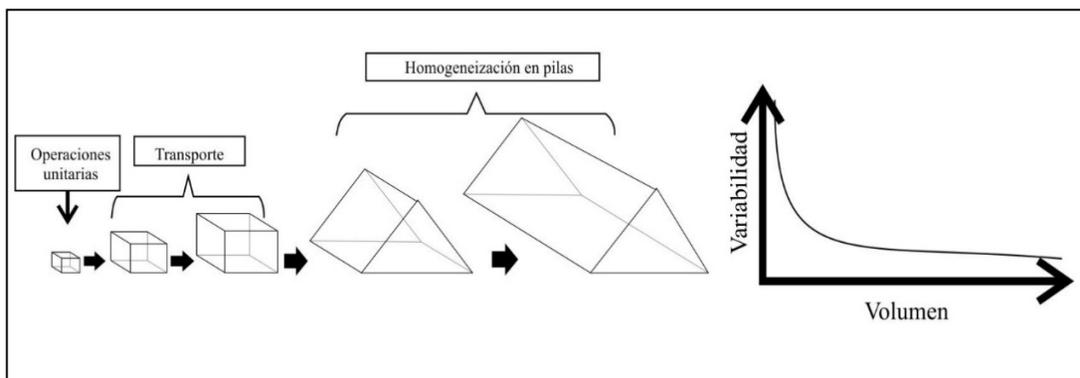


Figura 3.3 Comportamiento de la variabilidad entre los lotes con un aumento de la masa o volumen de cada lote (Machado et. al., 2017).

3.6.2 Tipos de pilas de homogeneización

3.6.2.1 Pila tipo Chevrón

Es la pila más popular y simple para llevar a cabo con un control automático. El apilador de brazo móvil de elevación descarga solamente por superposición de capas a lo largo del eje del patio en el cual se forman las pilas (ver **Figura 3.4**). Geométricamente se crea como una estructura de “cubierta a dos aguas”, en la que los materiales son apilados en capas sobre la longitud total de la pila a formar.

Es tipo de pila por su diseño y características es utilizado para la homogenización del mineral con poca variación del tipo químico y físico.

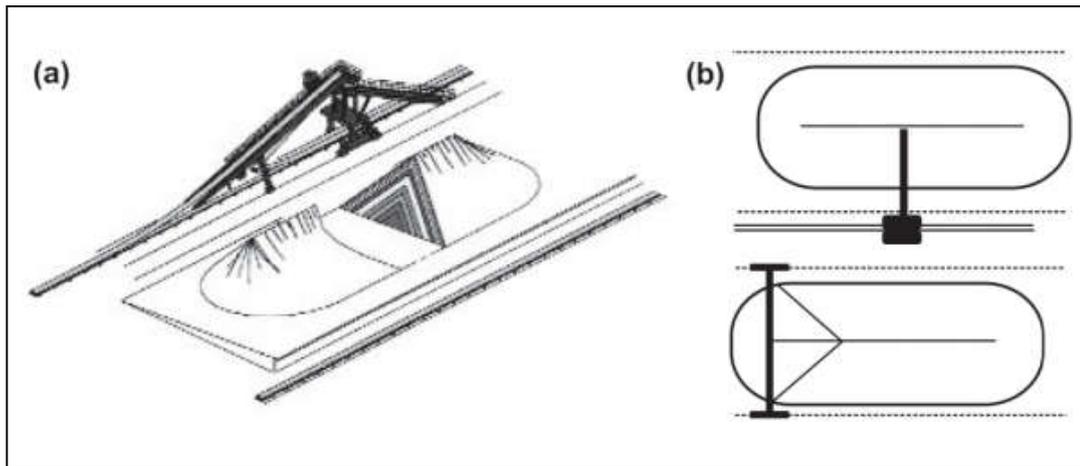


Figura 3.4 Pila Tipo Chevrón y esquema del patio de homogenización (Machado et. al., 2017)

F.M.O. utiliza este tipo de apilado para atenuar la variabilidad de los productos. Este tipo de pila resulta más ventajosa dado que el material se va apilando en capas por lo cual la homogeneidad es más alta (Muñoz y Rojas, 2004).

3.6.2.2 Pila tipo cono

Para armar este tipo de pila se requiere de un apilador transportador más largo de oscilación horizontal. El control automático es obviamente más complicado y el punto de apilamiento de capas no es fijo y varía según líneas paralelas (ver **Figura 3.5**). Este tipo de pila no resulta muy conveniente porque la homogeneización es menor dado que el material se va apilando uno encima de otro, ocurriendo que material viejo quede depositado debajo del nuevo (Véliz, 2017).

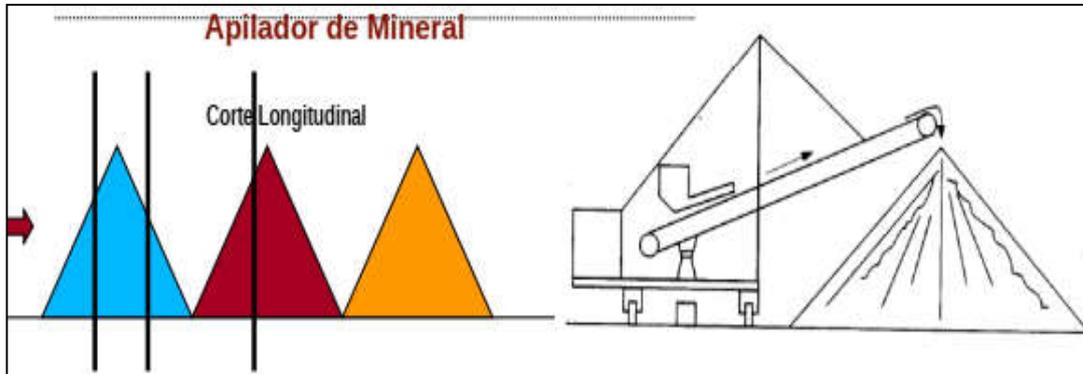


Figura 3.5 Forma de apilamiento de la pila tipo cono (Muñoz y Rojas, 2004).

3.6.2.3 Pilas tipo Windrow

En la geometría de las pilas tipo Windrow el mineral es apilado en capas longitudinales formando pequeños prismas triangulares, y sobre estas formando nuevas pequeñas pilas por “estructura de filas”; así pues, cuanto mayor es el número de filas, menor ha de ser la diferencia granulométrica que presenta el apilamiento en sus distintas alturas.

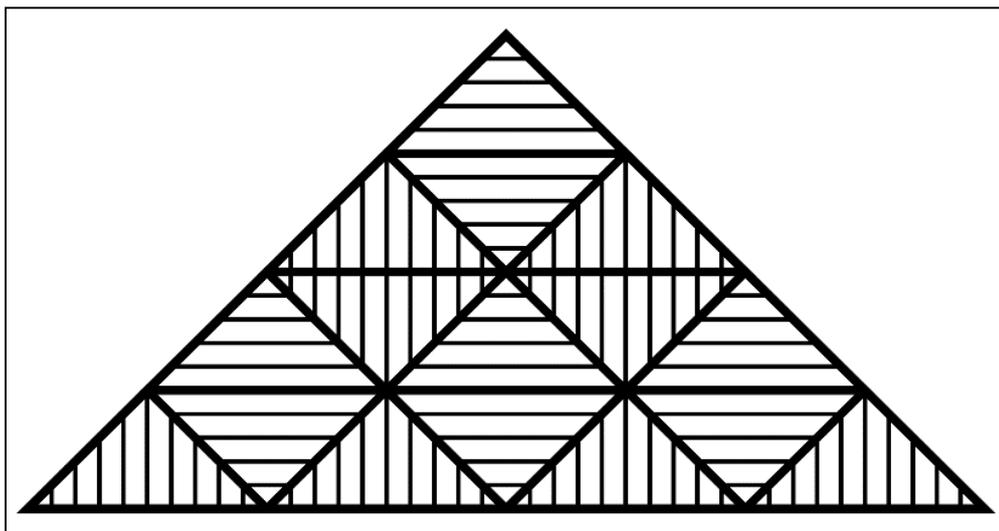


Figura 3.6 Distribución geométrica de una pila de homogenización tipo Windrow (Puerta, 2019)

En este tipo de pilas el punto de distribución varía durante el proceso, y la pila se forma a partir de mini pilas, formadas previamente. Es usada ampliamente para homogeneizar partículas gruesas, como fundentes, mineral grueso, pellas, o bien partículas redondeadas; ya que permite que estas no rueden a la parte exterior de la pila. En la F.M.O. este tipo de pilas se usa para la homogenización del mineral FSF que luego es despachado a los clientes internacionales.

3.7 Clasificación de las menas de hierro

La clasificación de los tipos litológicos de menas de hierro está basada en dos grupos: menas duras o costras y menas friables conocidos como finos. En ambos casos, las menas se subdividen en diferentes subtipos de acuerdo a sus características físicas y químicas y sus texturas. Dentro de esta clasificación se considera el estéril como un material no ferroso, ya que el contenido de hierro no supera el 30%.

Los símbolos y composición química de las principales menas extraídas del Distrito Ferrífero Piar, así como la nomenclatura usada por la C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. se muestran en la Tabla 3.3

3.7.1 Menas blandas (finos)

Se agrupan bajo el término de finos, su aspecto es muy parecido al de las arenas sueltas, son moderadamente hidratados, poseen una porosidad alta, frecuentemente se presentan finamente laminada, denominándose finos laminados. Suelen ocurrir en grandes masas debajo de las menas duras o interestratificadas con ellas formando bolsadas que se estrechan en profundidad.

Tabla 3.3 Composición litológica de las menas.

Símbolo	Nombre	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	PPC	P
MENAS BLANDAS						
B	Finos Negros	64-69	0-2	0-2	0-2	0,01-0,06
By	Finos Negros Limoníticos	63-67	0-2	0-2	3-7	0,08-0,15
Bs	Finos Negros Silíceos	63-65	2-6	0-2	0-2	0,01-0,06
Bv	Finos Negros muy Silíceos	55-62	>6	0-2	0-2	0,01-0,06
Bpv	Finos Negros Muy Silíceos Laminados	55-62	>6	0-2	0-2	0,01-0,06
F	Finos Marrones	64-67	0-2	0-2	2-3	0,01-0,08
Fpy	Finos Marrones Limoníticos Laminados	63-67	0-2	0-2	3-8	0,08-0,16
Fs	Finos Marrones Silíceos	62-66	2-6	0-2	2-3	0,01-0,08
Fv	Finos Marrones muy Silíceos	55-62	>6	0-2	2-3	0,01-0,08
Y	Limonita	56-60	1-6	1-8	7-12	0,12-0,30
MENAS DE ALTO TENOR (Fe > 55%, P > 0,080%)						
V	Costra Masiva	62-67	0-2	0-2	2-6	0,06-0,08
Vp	Costra Laminada	62-67	0-2	0-2	2-6	0,06-0,08
Vb	Costra Bandeada	62-67	0-2	0-2	2-6	0,06-0,08
Vc	Costra Recementada	64-68	1-3	0-2	4-8	0,04-0,13
Vh	Costra Hematítica	64-69	0-2	0-2	0-2	0,01-0,06
Vy	Costra Limonítica	60-66	0-2	0-2	5-9	0,08-0,25
Vg	Costra Goetítica	58-53	0-3	0-2	7-12	0,10-0,25
Vps	Costra Laminada Silícea	60-66	2-6	0-2	4-8	0,06-0,08
Vpv	Costra laminada muy Silícea	55-62	>6	0-2	4-8	0,06-0,08
Ve	Costra Esmingítica	58-66	0-6	0-2	4-8	>0,35
Val	Costra Aluminica	58-65	1-2	5-2	9-12	0,06-0,10
C	Canga	55-57	3-5	5-2	5-12	0,05-0,12
MENAS DE BAJO TENOR (Fe < 55%, Al₂O₃ > 2)						
IF	Cuarcita Dura	30-45	35-55	0-2	0-2	0,01-0,05
IFf	Cuarcita Ferruginosa Friable	45-55	18-35	0-2	0-2	0,015-0,08
Lc	Canga de Laterita	30-40	8-15	8-15	5-15	0,03-0,08
L	Laterita	5-30	10-70	10-20	10-15	0,03-0,08

3.7.1.1 Finos Negro (B)

Mineralógicamente están constituidos por hematita y martita (como producto de alteración de magnetita); en una proporción muy pequeña, en el orden de (2-3)% se presenta goetita, pequeñas cantidades de cuarzo, así como pequeños gránulos arcillosos. Presentan un color gris acerado o negro debido a su alta porosidad. Alcanzan tenores de hasta 69% de Fe(seco).

3.7.1.2 Finos negros silíceos (Bs)

Constituidos por granos muy finos o medios, sueltos o aglomerados, de hematita negra, con algunos granos de cuarzo. Presentan un aumento de sílice respecto a los Finos negros entre un 2% a un 6%.

3.7.1.3 Finos marrones (F)

Presentan una pequeña variación química respecto a los finos negros, traducida en un aumento en el contenido de alúmina y de pérdida por calcinación que se deba a un incremento en el contenido de goethita y minerales de aluminios. Tienen un marrón claro o marrón oscuro. Suelen encontrarse en el yacimiento por encima de los finos negros infrayacentes a las costras superficiales.

3.7.1.4 Finos marrones silíceos (Fs)

Están integrados por la misma composición que los finos marrones, pero con mayor proporción de cuarzo entre un 2% y 6%.

3.7.1.5 Finos negros muy silíceos (Bp)

Son similares a los finos marrones síliceos, con la diferencia que posee una cantidad relativamente grande de hematita en su composición. Poseen un aumento de más del 6% en sílice.

3.7.1.6 Finos marrones muy síliceos (Bv)

Estos finos se diferencian de los finos marrones síliceos en que presentan un contenido de sílice superior al 6%.

3.7.2 Menas de alto tenor (Menas duras o costras)

Se originan de disolución, hidratación y cementación en la parte superior de los yacimientos de tipo residual, como es el caso de la Mina San Isidro. En general muestran texturas porosas y cavernosas, contienen fragmentos rodados de otras menas y puede ser laminada, bandeada o masiva. La laminada y bandeada es remanente de las formaciones de hierro, mineralógicamente compuestas por proporciones variables de hematita, goethita y limonita.

Cantidades variables de sílice (cuarzo degradado) forman parte de la ganga que varían hasta un 14%. La masiva es dura, densa, de grano fino y con fractura concooidal (Álvarez, 2003).

3.7.2.1 Costra hematítica (Vh)

Está compuesta principalmente por hematita especular y su composición química es similar a los finos negros, pero las costras contienen mayor proporción de sílice, alúmina y pérdida por calcinación, algunas variedades de costras contienen magnetita. La costra hematítica va desde homogénea y con cristales desarrollados los cuales

podrían ser agregados de hematita primaria, hasta finamente laminada y bandeada (Álvarez, 2003).

3.7.2.2 Costra goethítica (Vg)

Integrada por goethita microcristalina o amorfa, masiva, dura y frágil, de color pardo con brillo mate o negro con brillo adamantino. Es mineralógicamente pura y en pequeñas cantidades, se presenta con limonita cementada, cristales de goethita y cuarzo. Presenta alto contenido de fósforo y el contenido de alúmina se eleva el cual posiblemente sea por la presencia de hidróxido de aluminio (Gibbsite). Los minerales distintos a los óxidos e hidróxidos de hierro están en un porcentaje inferior al 5% aproximadamente. Tienen un tenor cercano al 60% de Fe seco (Álvarez, 2003).

3.7.2.3 Costra limonítica (Vy)

Mena compuesta principalmente por hematita, goethita y limonita, además de cuarzo, caolinita, gibbsite y otros minerales en pequeña proporción (<5%). Químicamente presenta alúmina, perdida por calcinación y fósforo elevado. Generalmente se desarrolla encima de los finos marrones muy hidratados. (Álvarez, 2003).

3.7.2.4 Costra laminada (Vp)

Compuesta por proporciones variables de hematita, goethita y limonita distribuidas en láminas alternadas de poco espesor a veces frágiles y desmenuzables (Álvarez, 2003)

3.7.2.5 Costra masiva (V)

Constituida de cantidades variables de goethita, limonita y hematita, usualmente con poca o ninguna magnetita, y es de bandeamiento incospicuo (Álvarez, 2003).

3.7.2.6 Costra bandeada (Vb)

Costra bien definida compuesta con bandas alternadas de hematita y goethita (Álvarez, 2003).

3.7.2.7 Costra Recementada (Vc)

Formada por fragmentos angulares o subangulares, aluviales o fanglomeráticos, cualquier subtipo de mena aglomerada por goethita (Álvarez, 2003).

3.7.2.8 Costra silícea (Vs)

Similar a la costra masiva, pero con cierta cantidad de granos o cristales de cuarzo presentados macroscópicamente remanentes de las cuarcitas ferruginosas. Contiene de 2% a 6% de sílice. Puede presentar tanto textura masiva como laminada (Vps, Vpv). (Álvarez, 2003).

3.7.2.9 Canga (C)

Costra sílico-aluminoso formada en las pendientes y plataformas adyacentes a menas de costra, con textura porosa y esponjosa, además de fragmentos desprendidos y cementados por efectos mecánicos.

3.7.3 Menas de Bajo Tenor

Las menas de bajo tenor son dispuestas de acuerdo a su contenido de hierro, que es menor al 55%.

3.8 Parámetros químicos relevantes del mineral de hierro

3.8.1 Sílice (SiO_2)

Un alto contenido de sílice, implica un alto contenido de escoria en el proceso de aceración y requiere un consumo mayor de energía. Este óxido se reduce parcialmente y pasa al arribo, pero la mayor parte de la sílice pasa a la escoria necesitando cal para escorificarse (Véliz, 2017).

3.8.2 Alúmina (Al_2O_3)

No es conveniente un alto contenido de alúmina, puesto que pasa totalmente a la escoria cuando se está produciendo acero e influye fuertemente en las propiedades de éste, ya que su temperatura de fusión y proporciona al baño un mayor contenido de alúmina a la escoria.

3.8.3 Pérdida por calcinación (PPC)

El porcentaje de pérdida por calcinación es la cantidad de agua de cristalización que tiene el mineral, mayor cantidad de carbonatos y compuestos volátiles que contenga. A mayor pérdida por calcinación mayor cantidad de impurezas, especialmente alúmina. La pérdida por calcinación consiste en someter un gramo de mineral seco (sin humedad) a $900\text{ }^\circ\text{C}$, hasta que se alcance la homogeneización y luego dejar enfriar y pesar nuevamente para determinar las pérdidas obtenidas, las cuales se expresan en porcentajes. Las pérdidas alcanzadas están asociadas con el contenido de agua de cristalización (Véliz, 2003).

3.8.4 Fósforo (P)

El fósforo se considera una influencia perjudicial en la elaboración de acero, puesto que se disuelve en cantidades considerables. Cuando existe exceso de fósforo en el acero el mismo resulta frágil.

3.9 Parámetros físicos relevantes del mineral de hierro

3.9.1 Granulometría

Se trata de la distribución de tamaños de grano dentro de una muestra. En la empresa los análisis granulométricos varían según el tipo de producto, y el proceso metalúrgico a los que se va a someter.

3.9.2 Contenido de humedad

Es la cantidad de agua en estado libre contenido dentro de la muestra de mineral. Este está fuertemente influenciado por el clima, y está en constante cambio, dado que las pilas de mineral están al aire libre.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo descriptiva, aplicada y cuantitativa.

Arias, F. (2012), afirma que “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. Según esto, entonces, la presente investigación Es de tipo “descriptiva”, ya que se va a caracterizar las composiciones químicas y físicas del mineral volteado, apilado y despachado de las pilas de homogeneización de la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.

La universidad de Granada (2019) define la investigación aplicada como aquella que “busca la obtención de un nuevo conocimiento técnico con aplicación inmediata a un problema determinado”. Según esto la presente investigación es de tipo “aplicada”, ya que se pretende determinar la variación de calidad de las pilas de homogeneización de mineral fino de la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., para así de esta manera mejorar el proceso de homogeneización y la calidad del producto.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación del presente estudio es de tipo documental y de campo. Según lo expuesto por Arias, F. (2012) el cual afirma que “La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de

datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

Por otro lado, el mismo autor señala que “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes”.

Se contempla un diseño documental, debido a que la investigación se basa en la adquisición, análisis e interpretación de datos secundarios, evaluando su aplicabilidad en la zona de estudio; por otro lado, se considera un diseño de campo, ya que se tomarán datos del área de estudio directamente de expertos, información que será considerada sin alteración alguna.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población

Arias, F. (2012) se refiere a la población como “Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”.

En el caso del presente estudio, la población de la investigación se encuentra conformada por las pilas de homogenización ubicadas en el Patio de Almacenamiento de mineral de hierro de la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco, Puerto Ordaz, Estado Bolívar.

4.3.2 Muestra

Según Arias, F. (2012) “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”.

Para la muestra se recopiló información aportada por la Superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso de cerca de 1300 muestras proveniente del material de nueve (9) pilas en las tres etapas del control de calidad (extracción en la mina, apilado y despacho). De estas pilas tres (3) corresponden a las pilas virtuales de FPF el cual es despachado a SIDOR sin homogeneizar (Pilas PHD), tres (3) al FSI despachado a Orinoco Iron homogeneizado en pilas tipo Chevrón (Pilas PHC), y tres (3) del FSF despachado a clientes internacionales, homogeneizado en pilas tipo Windrow (Pilas PHB). La selección de la muestra para el desarrollo de la investigación se llevó a cabo tomando en cuenta la disponibilidad de los siguientes datos: contenido de sílice (%SiO₂), pérdida por calcinación (PPC), contenido de fósforo (%P), granulometría y contenido de humedad. En éste sentido, se seleccionaron las pilas de homogeneización que cuentan con la información mínima para realizar el estudio, y que hayan sido despachadas en su totalidad durante el período de mayo a octubre de 2022.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

El método implementado para obtener la información necesaria para el análisis y solución de la problemática de acuerdo a los objetivos planteados en este estudio, se inicia con la realización de un recorrido previo por toda el área operativa, tanto de la Gerencia de Calidad, la planta de Procesamiento de Mineral de Hierro PMH, y los laboratorios físicos y químicos. Posteriormente se llevó a cabo la revisión de documentos, manuales y libros existentes, concernientes al tema en estudio, con la

finalidad de enfocar y canalizar la sustentación teórica del trabajo de investigación; así como la metodología a seguir para lograr los objetivos.

Al mismo tiempo, se realizaron entrevistas no estructuradas, dirigidas al personal encargado de cada proceso. Para llevar a cabo este cometido se hizo necesario contactar específicamente a los jefes de turno y coordinadores de áreas pertenecientes a la Gerencia de Calidad, Superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso, Superintendencia de Aseguramiento Ciudad Piar y Jefatura de Laboratorio Puerto Ordaz.

Luego, se inició el proceso de recopilación de datos. Todos los datos fueron aportados por la superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso de la siguiente manera: Los datos análisis realizados en la mina y el apilado se obtuvieron de lo registrado en los formatos FERRO-6584 “Resumen de Volteo por Turno” y FERRO-5208 “Mineral Fino Apilado en Pilas” respectivamente. Por otro lado, la información sobre el material despachado se obtuvo a través de los registros de los formatos FERRO-6580 “Despacho Nacional – Reporte de Calidad”, seleccionando especialmente los datos de los clientes SIDOR y Orinoco Iron, por ser a quienes se les despacha mayor cantidad de mineral, y para el despacho internacional se tomaron en cuenta los análisis de laboratorios para los compuestos del formato FERRO-5052 “Certificado de análisis de clientes internacionales” por cada barco despachado. Todas las muestras se tomaron siguiendo los procedimientos de la empresa especificados en el punto 3.3.

4.4.2 Instrumento de recolección de datos

Para la toma de muestras se necesitaron pala, bolsas para muestras; instrumentos de seguridad como botas, casco, lentes y mascarilla; así como también un cuaderno y un lápiz para anotar las observaciones, y un marcador para identificar las muestras.

Las herramientas empleadas en el acopio de información para el desarrollo de este estudio, constó de la utilización de computadoras, pendrive, lápices, fotocopidora, impresora, resmas de papel tamaño carta, Internet, y el manejo de los programas como *Microsoft Word*, *Microsoft Excel* y *StatGraphics*.

4.5 Flujograma de la investigación

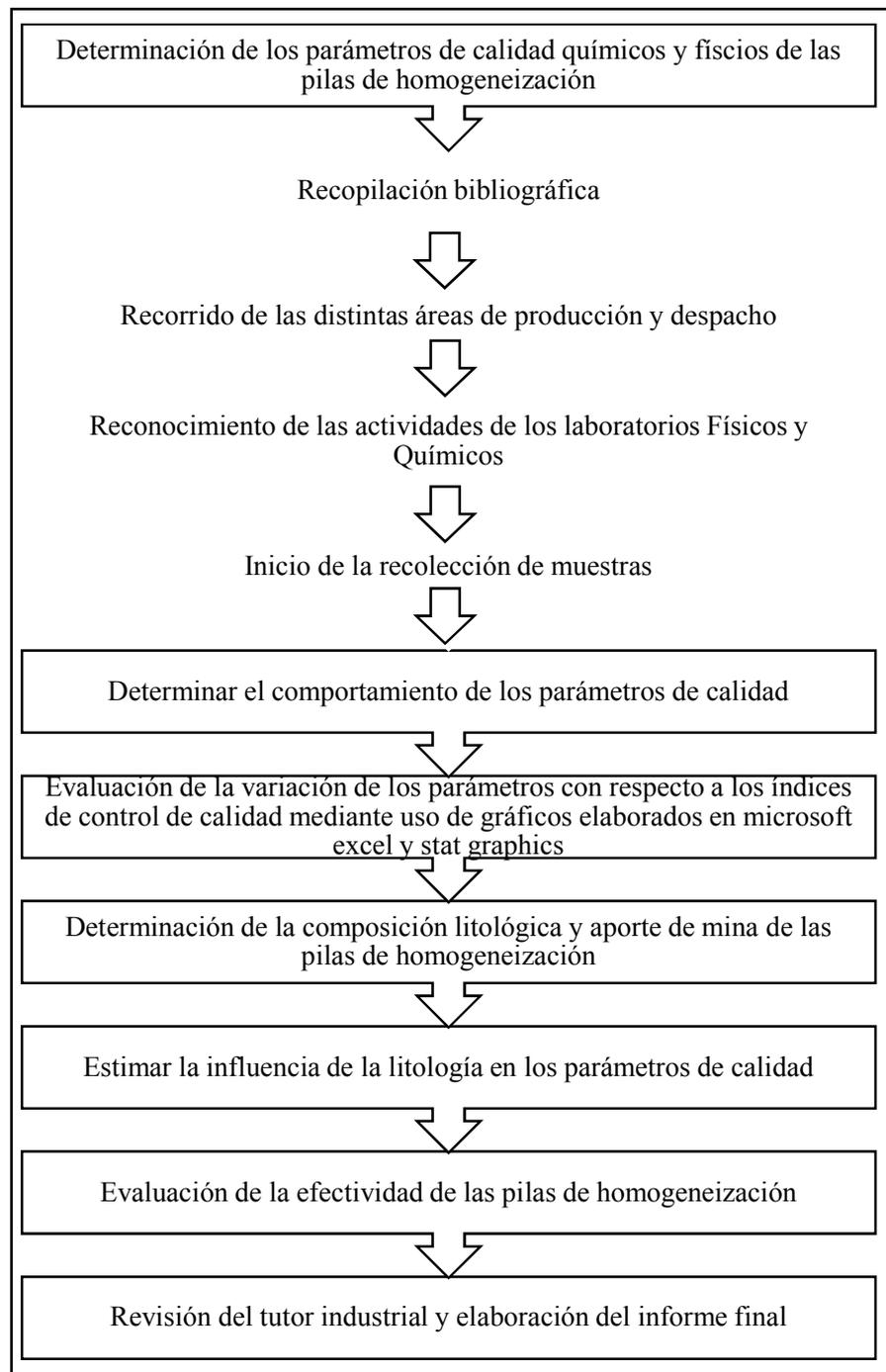


Figura 4.1 Flujograma de la investigación

4.6 Determinación de los parámetros de calidad químicos y físicos durante el volteo, apilamiento y recuperación de las pilas de homogeneización

En principio se recopilaron tesis e informes de pasantías realizados en la Gerencia de Calidad asociadas a las pilas de homogeneización, así como los manuales y normas y procedimientos de la empresa relacionadas a la formación, recuperación y control de calidad de las mismas. Esto con el fin de conocer la metodología aplicada por la empresa para la caracterización de las pilas de homogeneización.

Luego se procedió a realizar un recorrido por las distintas áreas de producción, tales como el área de volteo de vagones, la planta de trituración, el patio de homogeneización, y las zonas de despacho. Para familiarizarse con el proceso de producción y control de calidad.

Posteriormente se hizo un reconocimiento a las áreas de los Laboratorios Químico y Físicos, así como de las actividades que se realizaban en cada uno.

Se empezó por tomar las muestras según lo especificado en el capítulo III, y luego se realizaron los análisis de laboratorio pertinente.

Los análisis químicos fueron realizados por personal altamente capacitado perteneciente al laboratorio de FMO en Ciudad Piar como en de los Laboratorios Químico y Físico de Puerto Ordaz, según las normas y procedimientos, y las prácticas de trabajo seguro de la empresa.

El procedimiento para la realización de los análisis empleados por el laboratorio de FMO es el siguiente:

4.6.1 Preparación de muestras de mineral fino (0” - 3/8”):

1. Vaciar la muestra que está contenida en los envases herméticos o bolsas plásticas resistentes sobre el cuarteador limpio de residuos de otras muestras de mineral fino de 10 a 15 Kg.

2. Homogeneizar las muestras de 4 a 6 veces, para ello debe verter las bandejas recolectoras en la parte superior del cuarteador y accionar la palanca, realizando el trabajo en forma rápida y segura, para evitar pérdida de humedad.

3. Cuartear la muestra de mineral fino utilizando el cuarteador con abertura de 1” a 1.5” para obtener dos porciones iguales: Una para análisis químico y la otra para análisis físico (granulometría más humedad).

4. Dividir la muestra para análisis físico en dos porciones: una para análisis físicos y a otra porción para testigo de la muestra. Identificar la muestra para análisis físico y químico según el procedimiento respectivo.

5. Guardar la muestra testigo en bolsas plásticas con la identificación y sellarla para mantener condiciones originales, por un período establecido en el procedimiento “Manejo de las Muestras de Ensayo” de FMO.

4.6.2 Análisis químicos

Primero se preparan las muestras, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

1. Triturar la muestra del mineral fino directamente en el molino de rodillos de un milímetro (1 mm).

2. Cuartear la muestra con el cuarteador de mesa con abertura de 1/2 “hasta obtener una fracción de +/- 200 gr.

3. Colocar la fracción de $\pm 200\text{g}$ en una bandeja de aprox. 30 x 20 cm e identificarla utilizando el formato respectivo.

4. Colocar la muestra en horno de secado a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, de 10 a 20 minutos.

5. Pulverizar una vez seca la muestra para análisis químico en el pulverizador de anillos o de discos, hasta obtener una reducción de + 149 micrones (1,149 mm)

6. Homogeneizar la muestra y colocarla en una pequeña bolsa plástica desechable, colocando la identificación de la muestra en la bolsa con un marcador.

7. Trasladar la muestra hasta la ventanilla del laboratorio químico y participar a los analistas.

4.6.2.1 Determinación de la sílice (SiO_2)

1. Se pesa un gramo (1 gr.) de muestra +/- 0.0002 gr.

2. Transferir cuantitativamente a un vaso de precipitado de 150 ml. Y agregar 25 ml de ácido Clorhídrico o agregar 30 ml de solución estañosa y calentar suavemente hasta disolver la solución.

3. Calentar en un baño de arena agregando en mililitro de ácido nítrico concentrado.

4. Disolver con 15 ml de ácido perclórico concentrado, tapar el vaso precipitado con un vidrio de reloj y calentar hasta la emisión de humos densos blancos y la solución cambie a color amarillo.

5. Dejar enfriar hasta que desaparezcan los humos y se forme un complejo blanco sólido.

6. Agregar 10 ml de metavanadato de amonio y calentar hasta disolver el complejo.

7. Enfriar nuevamente y agregar agua destilada +/- 50 ml del vaso precipitado.

8. Filtrar la solución con un filtro Whatman N° 1, 40, 41, 43 o 540 y recoger el filtrado en un balón de 100 ml ya que sirve para determinar otros elementos por absorción atómica.

9. Quitar y doblar el filtro con el residuo y colocarlo en un crisol refractario.

10. Colocar el crisol en una mufla a 1000° C +/- 20° C por unos 40 minutos.

11. Pesar el crisol con el residuo calcinado (P_{1A}) y anotarlo para determinar el porcentaje de sílice.

12. Calcular el porcentaje de sílice de la siguiente manera:

$$\%SiO_2 = \frac{P_{1A} * 100}{M} \quad (4.1)$$

Donde: % SiO₂ = Porcentaje de sílice de la muestra.

P_{1A} = Peso del crisol + residuo calcinado.

M = Peso total de la muestra inicial.

4.6.2.2 Determinar las pérdidas por calcinación (PPC)

1. Pesar 1,0000 gr. de muestra con precisión de +/- 0.0001 gr y transferirlo a un crisol refractario. Esto representa el P_1 .

2. Introducir el crisol con la muestra en un horno de mufla a $1000^{\circ} C \pm 20^{\circ} C$ durante una hora.

3. Sacar el crisol del horno y enfriarlo en un desecador y luego se procede a pesarlo P_2

4. Determinar el porcentaje de pérdidas por calcinación de la siguiente manera:

$$\%P.P.C. = \frac{(P_1 - P_2) * 100}{P_1 - P} \quad (4.2)$$

Donde:

P.P.C. = Porcentaje de las pérdidas por calcinación de la muestra.

P_1 = Peso de la muestra + el crisol.

P_2 = Peso del crisol + muestra calcinada.

P = Peso de la muestra antes de proceder a determinar las pérdidas.

4.6.2.3 Determinación del fósforo (P).

1. Tomar la solución residual del proceso para la determinación de la sílice.

2. Transferir dos alícuatos con una pipeta volumétrica de 20 ml de la solución anterior a celdas fotométrica de 1" de diámetro.

3. Agregar 2,5 ml de molibdato de amonio a uno de los tubos y 2,5 de agua destilada al otro tubo (este se usara como blanco)

4. Agitar bien los tubos para homogeneizar la solución y medir la absorción a la media hora, usar el blanco como cero. La longitud de onda requerida es de 470nm.

5. Medir la absorbancia de la solución patrón de 10 ppm de fósforo sin hierro, y la absorbancia de las muestras usando un espectrómetro.

6. Determinar el porcentaje de fósforo aplicando la siguiente ecuación:

$$\%P = \text{Abs M} \times \text{Factor conc. de 10 ppm sin Fe -K} \quad (4.2)$$

Donde:

%P = Porcentaje de fósforo.

Abs. M = Absorbancia de la muestra medida.

Factor = Valor dado por la curva de calibración

4.6.3 Análisis físicos realizados a las muestras

Para preparar las muestras para el análisis físicos, estas eran debidamente cuarteadas.

4.6.3.1 Granulometría

El proceso para la realización de este análisis es el que se describe a continuación:

1. Preparar la muestra para análisis físico.
2. Pesar de 500g. a 1000g. de muestra natural en una bandeja de 30 x 20 cm. previamente pesada e identificar la muestra, tomar nota de los pesos en el formato FERRO-4143.
3. Identificar la muestra en la bandeja portadora de la misma.
4. Introducir la bandeja con la muestra identificada en el horno con una temperatura de 105°C - 5°C por un período de cuatro (4) horas.
5. Extraer la bandeja con la muestra y dejar enfriar.
6. Tomar el peso de la bandeja con la muestra y asentar el valor de él en el formato FERRO-4143.
7. Vaciar la muestra en el tamiz superior de la batería de tamices (limpios y secos) utilizando las mallas de acuerdo a los requerimientos del cliente. Para este caso se utilizan los tamices 1/2", 3/8", 5/16", 1/4", N° 6, N° 40, N° 100 y el PAN.
8. Realizar el análisis granulométrico colocando la batería de tamices en la tamizadora mecánica, agitar por siete (7) minutos.
9. Retirar la batería de tamices de la tamizadora y pasar el material retenido de cada tamiz y PAN (recolector de finos).
10. Registrar el peso del material retenido en cada tamiz en el formato FERRO-4143, tal como se muestra en la tabla 4.1.

11. Calcular el porcentaje retenido en cada fracción.

4.6.3.2 Contenido de humedad

12. Preparación de la muestra para análisis físico.
13. Pesar la bandeja y anotar el peso (PB) en el formato FERRO-4143.
14. Pesar en la bandeja entre 800 y 1.000 g. de muestra (PH) y anotar el peso húmedo en el formato FERRO-4143.
15. Identificar la muestra y seguidamente colocar la bandeja con la muestra en el horno de temperatura $105^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$, por un tiempo de cuatro (4) horas.
16. Después de las 4 horas de secado, sacar la bandeja y dejar enfriar a temperatura ambiente, pesar la bandeja con la muestra seca (PS) y anotar el peso seco.
17. Calcular el porcentaje de humedad con la fórmula:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{P. II} - \text{P. S}}{\text{P. S} - \text{P. B.}} \times 100 \quad (4.4)$$

18. Registrar el resultado con dos cifras decimales en el formato FERRO-4143.

Una vez obtenidos todos los resultados químicos y físicos ya tabulados, del mineral durante su formación, recuperación, y pilas producidas, se determinan los promedios aritméticos y ponderados, así como la mediana, la moda, la desviación estándar, la varianza y los rangos de valores para cada uno de los parámetros de calidad.

Esto se hizo según formato utilizado por la empresa. El cual fue luego agrupado en una sola base de datos.

4.7 Determinar la variabilidad de los parámetros de calidad

Para este paso se utilizaran los valores que indiquen el grado de dispersión de los resultados de los análisis de laboratorio, en este caso la desviación estándar. Para cada pila de homogeneización se calcularan estos valores tanto para el volteo, como el apilado y el despacho. Debido a la gran cantidad de datos a utilizar para este propósito se usaron tablas dinámicas de Microsoft Excel para facilitar la obtención de los resultados.

Para el estudio de los datos se creó un Dashboard el cuál mostraba los resúmenes de los parámetros de calidad de cada pila, llegando a incluir datos de has 16 pilas. En este punto se estudiaron pilas en formación, las cuales no llegaron a despacharse por completo durante el tiempo de elaboración de este proyecto, y estas fueron descartadas de los resultados finales ya que no contaban con información suficiente para estudiarlas en todo el proceso productivo; sin embargo, estas pilas sirvieron para comprobar el funcionamiento del Dashboard.

4.8 Análisis de la variación de los parámetros de calidad mediante el uso de tablas y gráficos

Para este proceso se usaron dos tipos de gráficos obtenidos de los datos resultantes de la caracterización. El primer tipo de gráfico es el Gráfico de Control utilizado por la Superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso, y el segundo es de Cajas y Bigotes, el cual solo se ha usado en estudios específicos de la empresa.

4.8.1 Gráficos de control

Estos son gráficos basados en el principio del teorema central, y son los principalmente usados en la actualidad por la Superintendencia de Aseguramiento Fino y Grueso para el control de calidad, en ellos los resultados de las muestra grafican junto con dos líneas que representan el valor esperado y el valor máximo establecido por las especificaciones de calidad de la empresa, las cuales cambian todos los años, y son diferente para cada producto, las usadas para este trabajo son las correspondientes al año 2022, mostradas en el apéndice A. Ejemplo de este tipo de gráfico se muestra en la Figura 4.2.

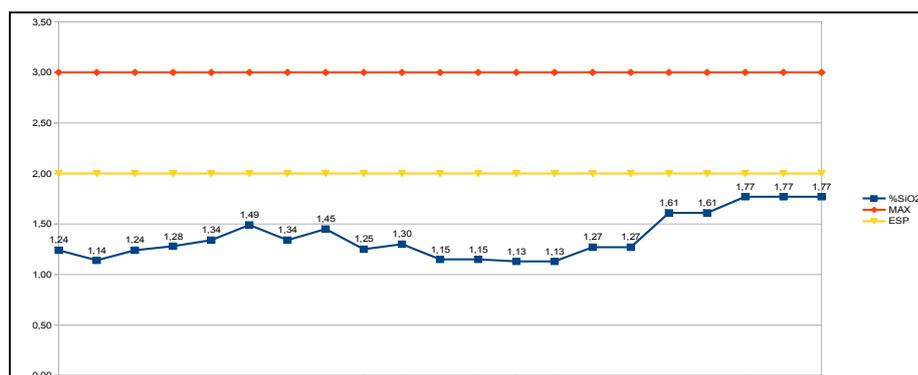


Figura 4.2. Ejemplo de gráfico de control de sílice (Fuente CVG Ferrominera Orinoco C.A.)

4.8.2 Gráficos de tablas y bigotes (box and whiskers)

Estos consisten en gráficos que muestran los percentiles de los resultados obtenidos. Estos sirven para ilustrar la variabilidad de los parámetros de calidad, ya que al homogeneizarse la muestra la variabilidad se reduce por tanto los percentiles se acercan más uno de otros, cosa que se puede apreciar en este tipo de gráfico tal como se ve en la Figura 4.3

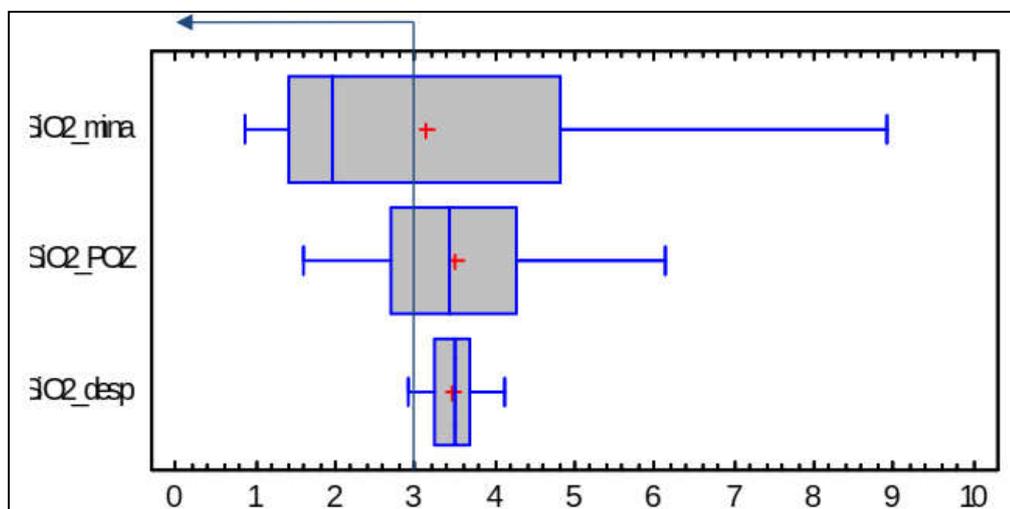


Figura 4.3 Ejemplo de gráfico de cajas y bigotes para la variabilidad del contenido de sílice (fuente: CVG Ferrominera Orinoco C.A.).

4.9 Estimación la influencia de la litología en los parámetros de calidad

Para esto se tomaran los datos del contenido litológico del material, tomado en la Superintendencia de Aseguramiento de Calidad de Ciudad Piar, usando estos valores podemos obtener una composición litológica promedio para las pilas, las cuales serán luego comparadas con las características físicas y químicas de las mismas.

4.10 Evaluación de la influencia del aporte por minas y la disminución de la variabilidad

Para esto se determinará el aporte por mina de cada una de las pilas de homogeneización. Comparando los datos y correlacionándolos con las características de calidad física química para el volteo. Posteriormente se analizará con los datos del apilado y el despacho para así conocer la eficiencia de las pilas de homogeneización.

En este caso se evaluarán la eficacia de los dos tipos de pilas de homogeneización utilizados en la empresa, así como el efecto que se tiene en el despacho de material no homogeneizado (crudo).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Determinación de los parámetros de calidad químicos y físicos durante el volteo, apilamiento y recuperación de las pilas de homogeneización

Para la determinación de las pilas de homogeneización se tomaron en cuenta los datos aportados por el Departamento de Aseguramiento fino y grueso de las nueve pilas de homogeneización seleccionadas.

Las tablas con los resúmenes de las determinaciones de los parámetros de las 9 pilas se pueden observar en el apéndice B, de esos resultados se obtuvieron las gráficas que se muestran a continuación, tomando en cuenta para los valores de %SiO₂, y %P los promedios ponderados de los datos del volteo, esto debido a que no se cuenta con información más detallada de estos parámetros químicos en el control de calidad del apilado y el despacho de mineral, causado por la falta de reactivos en el Laboratorio Químico de Puerto Ordaz. Por otro lado para los valores de %PPC, %H₂O y %3/8” se usaron los promedios ponderados de los datos del despacho, siempre que estuvieran disponibles.

5.1.1 Determinación de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización de FPF

El FPF es despachado crudo a SIDOR, por lo que las pilas PHD estudiadas en este trabajo corresponden a pilas virtuales, en las cuales se usan los datos del volteo de vagones en los que el mineral, luego de ser triturado es enviado directamente a los trenes de despacho, para ser enviados al cliente, es por esto que de estas pilas solo se

cuenta con información de volteo y despacho como se puede apreciar en los apéndices del B.1 al B6.

5.1.1.1 Pila 06PHD0122

Esta pila presentó el mayor contenido de sílice para las pilas de FPF (1,94%), el menor contenido de fósforo (0.073%) de todas las pilas estudiadas, una pérdida por calcinación de 3,27% y la menor humedad (7.29%). Su granulometría fue de un 5.03% de partículas mayores a 3/8 de pulgada. Tal como se muestra en la Tabla 3.1

5.1.1.2 Pila 08PHD01/22

Esta pila presentó un contenido de sílice de 1.57%, un contenido de fósforo de 0.077%, una pérdida por calcinación de 3.59% y una humedad de 7.56%. Su granulometría difiere a la de la pila 1, con un 6,54% de partículas mayores a 3/8 de pulgada.

5.1.1.3 Pila 08PHD02/22

Esta pila presentó el menor contenido de sílice para las pilas de FPF con 1,45%, por otro lado registró el mayor contenido de fósforo de 0.083%, una pérdida por calcinación de 3.36% y una humedad de 7.18%. Su granulometría fue la más gruesa entre las pilas sin procesar, con un 7.18% de partículas mayores a 3/8”.

Tabla 5.1 Promedios de las características físicas y químicas de las pilas de homogeneización de FPF

PILA	%SiO ₂	%P	%PPC	%H ₂ O	%3/8”
06 PHD 01/22	1,94	0,073	3,27	7,29	5,03
08 PHD 01/22	1,57	0,077	3,59	7,56	6,54

08 PHD 02/22	1,45	0,083	3,36	7,96	7,18
Promedio	1,65	0,078	3,41	7,60	6,25

En lo referente a la calidad química, se aprecia en el sílice como este disminuyó con cada pila, tal como se puede apreciar en la Figura 5.1, estando aun en su valor más alto por debajo del valor esperado; caso contrario ocurre con el fósforo, el cual aumentó con cada pila, y pasó de estar por debajo del valor esperado a estar considerablemente cerca. Por otro lado, solo la pila 08PHD01/22 estuvo dentro del rango de calidad óptimo de la PPC, mientras que las otras dos pilas cerraron por debajo del valor esperado.

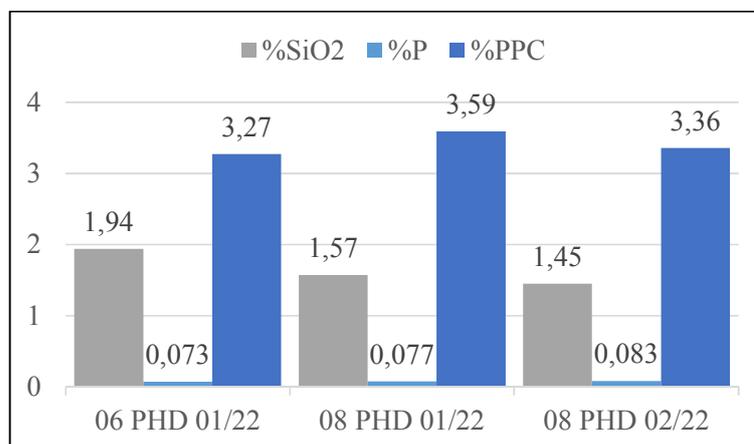


Figura 5.1 Características Químicas de las Pilas de Homogeneización de FPF

Adicionalmente se nota (Figura 5.2) como la humedad aumentó en el cierre de cada pila, pero sin alejarse mucho del valor esperado, es notable también como el material del tamiz 3/8" también aumentó en cada pila. Estas pilas tienen una composición muy parecida, a grandes rasgos en cuanto a la composición química y física.

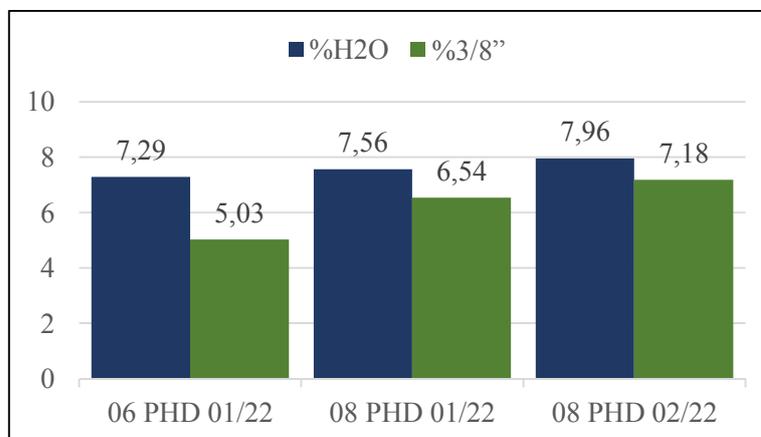


Figura 5.2 Características Físicas de las Pilas de Homogeneización de FPF

5.1.2 Determinación de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización de FSI

5.1.2.1 Pila 04PHC01/22

Esta pila presentó el mayor contenido de sílice para las pilas de FSI con un 1,87%, y el menor contenido de fósforo con un 0.076%, así mismo la menor pérdida por calcinación de todas las pilas estudiadas con un 3,23% y el menor contenido de humedad con un 7,89%. Su granulometría fue de un 6,44% de partículas mayores a 3/8", siendo esta el mayor promedio para las pilas de FSI.

5.1.2.2 Pila 07PHC01/22

Esta pila presentó el menor contenido de sílice para las pilas de FSI con un 1.12%, y el mayor contenido de fósforo con un 0.094%, la mayor pérdida por calcinación de todas las pilas en general con un 5,17% y una humedad de 8,02%. Su resultado para el tamiz 3/8" fue mayor al de la pila 04PHC01/22 con un 8,21%.

5.1.2.3 Pila 07PHC02/22

En el caso de esta pila no se pudieron obtener resultados para el sílice y fósforo, esto debido a la falta de reactivos en el laboratorio químico de Ciudad Piar. Como se puede apreciar en apéndice B, no se tiene ninguna información tomada desde la mina de esta pila. Sin embargo si se cuenta con datos del apilado y del despacho, donde se apreció que la PPC alcanzó un promedio de 4,38%. La humedad fue las más altas de las pilas de FSI con un 8,46%.

Tabla 5.2 Promedios de las características físicas y químicas de las pilas de homogeneización de FSI

PILA	%SiO₂	%P	%PPC	%H₂O	%3/8"
04 PHC 01/22	1,87	0,076	3,23	7,89	6,44
07 PHC 01/22	1,12	0,094	5,17	8,02	8,21
07 PHC 02/22			4,38	8,46	4,76
Promedio	1,50	0,085	4,26	8,12	6,47

Al comparar los resultados de las pilas de FPF con las de FSI, nos damos cuenta que el Sílice fue mayor en las primeras; mientras que el fósforo, la PPC, la humedad y el contenido del tamiz 3/8" fue mayor en las segundas. Llama la atención la diferencia considerable que se aprecia en el fósforo y en la PPC.

En la Figura 5.3 se aprecia que el sílice bajó considerablemente de la pila 04PHC01/22 a la 07/PHC01/22, mientras que el fósforo subió, lamentablemente no se pudo comparar cómo continuaron comportándose estos parámetros en la siguiente pila. Por otro lado, la PPC aumentó notablemente de la primera fila a la segunda, para luego mostrar un descenso en la pila 07PHC02/22.

En los resultados por el Laboratorio Físico sobre de las pilas de FSI se nota que la humedad aumentó, esto puede atribuirse a la llegada de la temporada de lluvias durante el tiempo en que se despacharon estas pilas.

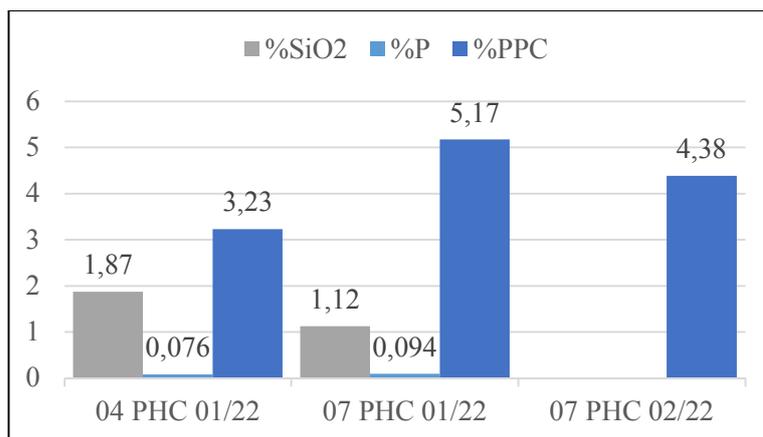


Figura 5.3 Características Químicas de las Pilas de Homogeneización de FSI

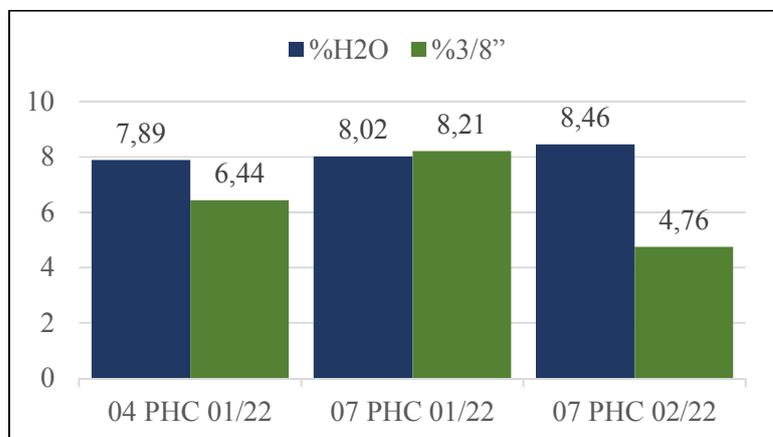


Figura 5.4 Características Físicas de las Pilas de Homogeneización de FSI

Las pilas de FSI, a diferencia de las pilas de FPF mostraron una mayor variabilidad en la composición, con la pila 07PHC 01/22 representando una composición significativamente diferente a las otras dos pilas.

5.1.3 Determinación de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización de FSF

5.1.3.1 Pila 05 PHB 01/22

Esta pila presentó el mayor contenido de sílice (2,09%) de las pilas de FSF, así como de todas las pilas estudiadas, un contenido de sílice de 0,079%, una pérdida por calcinación de 3,40% y la una humedad de 6,29% (la menor de estas pilas). Su granulometría fue más gruesa que las pilas anteriores, con un 6,29% de partículas mayores a 3/8”.

Tabla 5.3 Promedios de las características físicas y químicas de las pilas de homogeneización de FSF

PILA	%SiO₂	%P	%PPC	%H₂O	%3/8”
05 PHB 01/22	2,09	0,079	3,4	6,29	7,64
06 PHB 01/22	1,70	0,080	3,32	7,73	6,56
08 PHB 01/22	2,04	0,076	3,57	8,46	6,6
Promedio	1,94	0,078	3,43	7,49	6,93

5.1.3.2 Pila 06 PHB 01/22

Esta pila presentó el menor contenido de sílice de las pilas de FSF con un 1.70%, un contenido de fósforo parecido a la anterior con 0.080%, una pérdida por calcinación de 3,32% y una humedad de 7,73%. En cuanto su granulometría la cantidad de partículas mayores a 3/8” fue de 6,56%.

5.1.3.3 Pilas 08 PHB 01/22

Esta pila presentó un contenido de sílice de 2,04%, y un contenido de fósforo de 0.076%, la mayor pérdida por calcinación de las pilas de FSF con un 3,57%, así como la mayor humedad de 8,46%. Igualmente su resultado para el tamiz 3/8" fue mayor al de las pilas anteriores con un 6,60%.

Al comparar los niveles de sílice de las pilas de FSF (Figura 5.5) con la de las pilas anteriores se puede apreciar que el contenido de sílice es notablemente más alto, mientras que los niveles de fósforo siguen siendo bastante parecidos. Por otra parte los niveles de la PPC son parecidos a los de las pilas de FPF, y más bajos que los de las pilas de FSI.

En la Figura 5.6 nuevamente se aprecia que el contenido de humedad fue en aumento con cada nueva pila, pero en este caso la tendencia del contenido del tamiz 3/8" fue negativo, contrario a lo que ocurrió con las pilas anteriores.

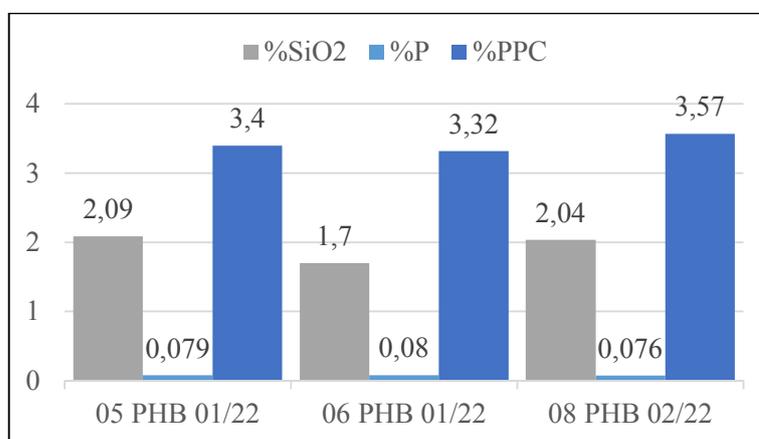


Figura 5.5 Características Químicas de las Pilas de Homogeneización de FSF

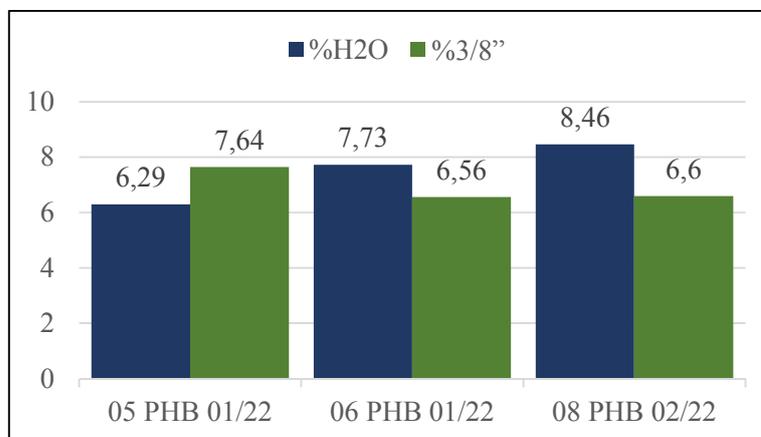


Figura 5.6 Características Físicas de las Pilas de Homogeneización de FPF

Estas pilas tuvieron una composición similar en cuanto a sílice, fósforo y pérdida por calcinación, pero hay una gran diferencia en cuanto a humedad y al resultado de la 3/8''.

5.2 Determinación del comportamiento de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización

Una vez determinada la desviación estándar para los diferentes parámetros físicos y químicos de las pilas de homogeneización, a través del uso de las tablas dinámicas, se encontró que en la mayoría de las pilas no cuentan con información de sílice y fósforo en las etapas de apilado y despacho, esto debido a la falta de reactivos en el Laboratorio Químico de Puerto Ordaz. De igual forma, no se tiene datos del tamiz 3/8'' en la mina, ya que este parámetro es tomado en cuenta después del proceso de trituración.

Además se observó que la desviación estándar en algunos casos no siguió el comportamiento esperado, ya que en los casos del FPF la variabilidad de algunos

parámetros mostraban una tendencia a subir, y en el caso del FSF el comportamiento de era irregular.

En este punto, es importante señalar que Ferrominera no cuenta con valores de Desviación Estándar referenciales para cada uno de los parámetros de calidad, que les permita reconocer si la pila está o no dentro de un rango de variabilidad aceptable. Lo cual no nos permita comprobar si la variabilidad está o no bajo control.

5.2.1 Comportamiento del Sílice

La desviación estándar del contenido de sílice registrado en la mina presentó niveles más altos en las pilas de FSF, siendo el valor más alto el registrado en la pila 08PHB 01/22, tal como se ve en la Tabla 3.1. Por otro lado los valores más bajos de desviación se observaron en el sílice de las pilas de FSI, sin embargo el valor más bajo registrado fue en la pila 08PHD 01/22 de FPF, siendo esta la pila con contenido de sílice más homogéneo proveniente de la mina.

Tabla 5.4 Desviación Estándar de la sílice

	Pila	MINA	APILADO	DESPACHO
FPF	06 PHD 01/22	0,63		
	08 PHD 01/22	0,28		
	08 PHD 02/22	0,60		
FSI	04 PHC 01/22	0,47	0,56	
	07 PHC 01/22	0,29		
FSF	05 PHB 01/22	0,63	0,66	0,93
	06 PHB 01/22	0,59		0,40
	08 PHB 01/22	0,76		

La pila 05PHB 01/22 de FSF fue la única de la que pudo obtener datos en las tres etapas, sin embargo llama bastante la atención que en lugar de verse disminuida por el proceso de homogeneización, aumentó de 0,63 en la mina, a 0,93 en el despacho.

De igual forma para la pila 04PHC01/22 de FSI de la que se pudo obtener información tanto de la mina como del apilado se aprecia que aumentó de 0,47 a 0,56.

Solo la pila 06PHB 01/22 de FSF presentó una disminución de la desviación estándar, ya que pasó de 0,59 en la mina a 0,40 en el despacho.

5.2.2 Comportamiento del fósforo

La disponibilidad de los datos de fósforo de las pilas es muy parecida a la de la sílice, por lo que de igual forma en la mayoría de las pilas solo se puede apreciar la desviación estándar en la mina como se ve en la Tabla 5.5. A diferencia con el sílice, las pilas de FPF fueron las que registraron los menores valores de desviación estándar, pero fue la 07PHC 01/22 de FSI la que registró el valor más bajo de 0,003. El valor más alto para la desviación estándar fue de 0,011 alcanzado tanto en la pila 07PHC 02/22 de FSI, como en la 05PHB 01/22 de FSF, sin embargo esta última aumentó a 0,012 en el apilado, a pesar de esto se logró disminuir la desviación de la pila en el despacho, contrario a lo que ocurrió en con la desviación del sílice en la misma pila.

En el caso de la pila 06PHB 01/22 de FSF la desviación estándar se mantuvo igual.

Tabla 5.5 Desviación Estándar del fósforo

Pila		MINA	APILADO	DESPACHO
FPF	06 PHD 01/22	0,008		
	08 PHD 01/22	0,004		
	08 PHD 02/22	0,004		
FSI	04 PHC 01/22			
	07 PHC 01/22	0,003		
	07 PHC 02/22	0,011		
FSF	05 PHB 01/22	0,011	0,012	0,008
	06 PHB 01/22	0,004		0,004
	08 PHB 01/22	0,006		

5.2.3 Comportamiento de la PPC

La pérdida por calcinación fue el parámetro químico del cual se pudo obtener más datos, llegando a tener información de casi las 9 pilas en todas las etapas del control de calidad, a excepción del espacio de la mina para la pila 07PHC 02/22, tal como se aprecia en la Tabla 5.6.

En este caso las pilas que presentaban una menor desviación estándar fueron las pilas de FPF, siendo la 08PHD 01/22 la que presentó el menor valor con 0,26 en la mina, y la desviación más alta se registró en las pilas de FSF, sin embargo el valor más alto fue el de la pila 04PHC01/22 en la mina.

En el caso de las pilas de FPF la desviación estándar aumentó considerablemente de la mina al despacho, pasando de valores como 0,44; 0,26 y 0,37 a 0,83; 0,99 y 0,82 respectivamente.

Tabla 5.6 Desviación Estándar de la PPC

Pila		MINA	APILADO	DESPACHO
FPF	06 PHD 01/22	0,44		0,83
	08 PHD 01/22	0,26		0,99
	08 PHD 02/22	0,37		0,82
FSI	04 PHC 01/22	1,05	0,60	0,30
	07 PHC 01/22	1,01	0,58	0,51
	07 PHC 02/22		0,85	0,45
FSF	05 PHB 01/22	0,83	0,89	0,79
	06 PHB 01/22	0,35	0,80	0,64
	08 PHB 01/22	0,38	0,98	0,72

Por otro lado las pilas de FSI sí disminuyeron considerablemente la desviación estándar. En el caso de la pila 04PHC 01/22 pasó de 1,05 en la mina, a 0,60 en el apilado, culminando en 0,30 en el despacho, siendo esta la que mejor redujo la desviación estándar. La pila 07PHC 01/22 pasó de 1,01 en la mina, a 0,58 en el apilado y alcanzando 0,51 en el despacho, mostrando una menor reducción a la de la pila anterior. Por último la pila 07PHC 02/22 bajó de 0,85 en el apilado a 0,45 en el despacho.

Las pilas de FSF mostraron un comportamiento peculiar, ya que en todas aumentó la desviación estándar de la mina al apilado, sin embargo si se vio reducida en el despacho, aunque solo la pila 05PHB 01/22 cerró en el despacho por debajo de la desviación estándar con que se cerró en la mina, aunque no con mucha diferencia, ya que pasó de 0,83 a 0,79. Las pilas 06PHB 01/22 pasó de 0,35 en la mina a 0,80 en el apilado, cerrando en el despacho con 0,64. De forma similar la pila 08PHB 01/22 pasó de 0,38 en la mina a 0,98 en el apilado, cerrando en 0,72 en el despacho, siendo menos homogénea que la anterior.

5.2.4 Comportamiento de la Humedad

Al igual que con la PPC, se pudo determinar la desviación estándar de casi todas las pilas en las distintas etapas del control de calidad, a excepción la 07PHC 02/22, de la que no se tuvo datos en la mina, como se observa en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7 Desviación Estándar de la H₂O

	Pila	MINA	APILADO	DESPACHO
FPF	06 PHD 01/22	0,99		1,53
	08 PHD 01/22	0,49		1,22
	08 PHD 02/22	1,07		0,95
FSI	04 PHC 01/22	1,69	1,84	0,74
	07 PHC 01/22	0,88	0,58	0,46
	07 PHC 02/22		0,71	0,51
FSF	05 PHB 01/22	1,20	1,13	1,27
	06 PHB 01/22	1,28	1,24	0,88
	08 PHB 01/22	1,01	0,58	0,97

La desviación de las pilas de FPF aumentó en la 06PHD 01/22 y 08PHD 01/22, pero se redujo en la 08PHD 02/22, donde pasó de 1,07 a 0,95.

La desviación de las pilas de FSI disminuyó en la 07PHC 01/22 y la 07PHC 02/22, sin embargo para el caso de la pila 04PHC 01/22, aumentó en el apilado, pero cerró en el despacho por debajo del valor que registró en la mina.

En el caso de las pilas de FSF se observó que la desviación estándar de la humedad de pila 05PHB 01/22 bajó de la mina al apilado, pero en el despacho cerró

por encima del valor de la mina. Por otro lado la pila 06PHB 01/22 bajó desde 1,28 en la mina hasta 0,88 en el despacho. La pila 08PHB 01/22 también bajó de la mina al apilado, pero subió en el despacho, sin embargo cerró por debajo de la desviación de la mina.

5.2.5 Comportamiento de la "3/8"

Las pilas de FPF mostraron los niveles de desviación estándar para el contenido del tamiz 3/8" en el despacho de bajos a altos, siendo la más baja la de la pila 06PHD 01/22 con 6,95 en el despacho, luego la 08PHD 01/22 con 14,17 y la más alta fue en la 08PHD 02/22 con 26,23, tal como se muestra en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8 Desviación Estándar de la 3/8"

	Pila	MINA	APILADO	DESPACHO
FPF	06 PHD 01/22			6,95
	08 PHD 01/22			14,17
	08 PHD 02/22			26,23
FSI	04 PHC 01/22		13,09	16,27
	07 PHC 01/22		24,78	17,60
	07 PHC 02/22		23,60	11,57
FSF	05 PHB 01/22		28,83	7,88
	06 PHB 01/22		17,25	11,79
	08 PHB 01/22		15,90	12,03

En el caso de la desviación de las pilas de FSI se tiene que en su mayoría disminuyó del apilado al despacho, a excepción de la pila 04PHC 01/22 donde subió de 13,09 a 16,27. La pila que mostró una la mayor reducción de la desviación fue la

07PHC 02/22 que bajó de 23,60 a 11,57. Mientras que la pila que cerró con una mayor desviación fue la 07PHC 01/22 que pasó de 24,78 en apilado a 17,60 en el despacho.

Al igual que con las pilas de FSI, la desviación estándar del contenido del tamiz 3/8" para las pilas de FSF disminuyó del apilado al despacho, pero los niveles eran considerablemente más bajos. La pila que mostró una mayor disminución de desviación fue la 05PHB 01/22 que bajó de 28,83 a 7,88; mientras que la 06PHB 01/22 bajó de 17,25 a 11,79; por último la menor disminución de la desviación se mostró en la pila 08PHB 01/22 que bajó de 15,90 a 12,03.

5.3 Evaluación de la variación de los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización

5.3.1 Gráficos de control

A través de los gráficos de control se pudo constatar el comportamiento de los parámetros de calidad en comparación a las especificaciones dadas por la empresa.

5.3.1.1 Gráficos de control para la Sílice

La sílice de las pilas de FSF estuvo en su mayoría por debajo del valor esperado establecido por la empresa (Figura 5.7), según las especificaciones mostradas en APÉNDICE A; a excepción del 26 y el 31 de marzo donde se mostró por encima del valor esperado en la información tomada en la mina, estos valores correspondieron a las pila 05PHB 01/22 y 06PHB 01/22, respectivamente, esto se puede apreciar más detalladamente en los Apéndices D.1 y D.2.

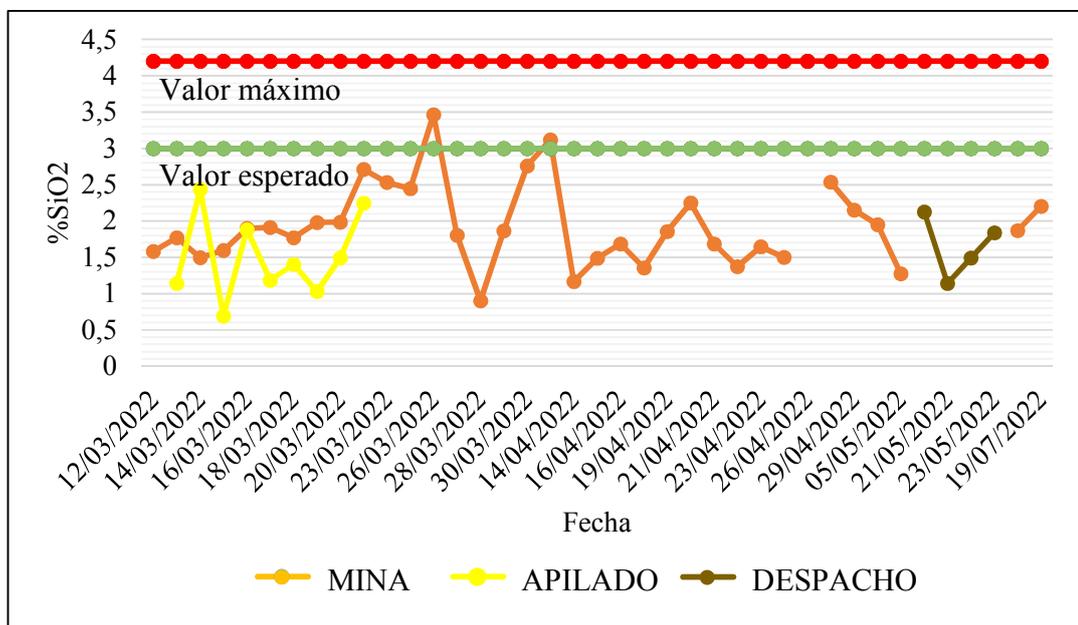


Figura 5.7 Gráfico de control para la sílice de las pilas de FSF

Respecto a la información del apilado solo se tiene de la pila 05PHB 01/22 donde se mantuvo de forma general por debajo los valores de la mina a excepción de su valor más alto el 14 de marzo donde registró 2,44%.

Del despacho solo se cuenta con información de dos pilas que son la 05PHB 01/22 y la 06PHB 01/22, estos valores fueron en su mayoría menores al valor esperado, excepto por uno el 26 de abril que es parecido al valor máximo, y que se puede apreciar más detalladamente en el apéndice D.1

Respecto a las pilas de FSF solo se tienen datos de las minas, y en la Figura 5.8 se aprecia que la mayoría de los valores quedaron por debajo del valor esperado, a excepción de los días 3, 4 y 10 de mayo, todos estos valores se presentaron en la pila 06PHD 01/22. Adicionalmente se puede apreciar un valor mayor al valor esperado en uno de los lotes del 27 de Julio en la pila 08PHD 02/22, como se puede apreciar en el

apéndice D.6, a pesar de esto, la tendencia general de la sílice fue disminuyendo después de esos picos en la segunda semana de mayo.

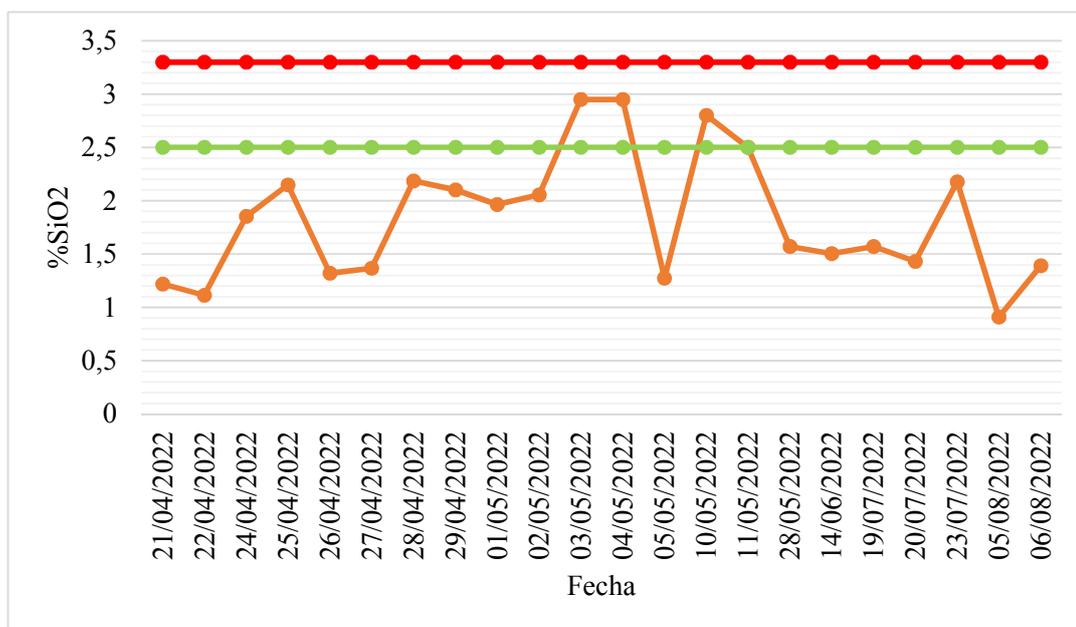


Figura 5.8 Gráfico de control para la sílice de las pilas de FPF

En las pilas de FSI la mayoría de la sílice en la mina quedó en su mayor parte por debajo del valor esperado como se ve en la Figura 5.9, a excepción de los días 10 y 16 de marzo y ambos valores corresponden a la pila 04 PHC 01/22 como se ve en el apéndice D.7. La otra pila de la que se tiene datos es la 07PHC 01/22 y esta se mantuvo casi de forma uniforme, con poca variación, como se ve en el apéndice D.8.

Los únicos datos con los que se cuentan fueron de la pila 04PHC 01/22, la cual mostró una tendencia a subir, pero se mantuvo por debajo del valor esperado, solo el último valor, el cual se tomó el día 14 de marzo, estuvo cercano.

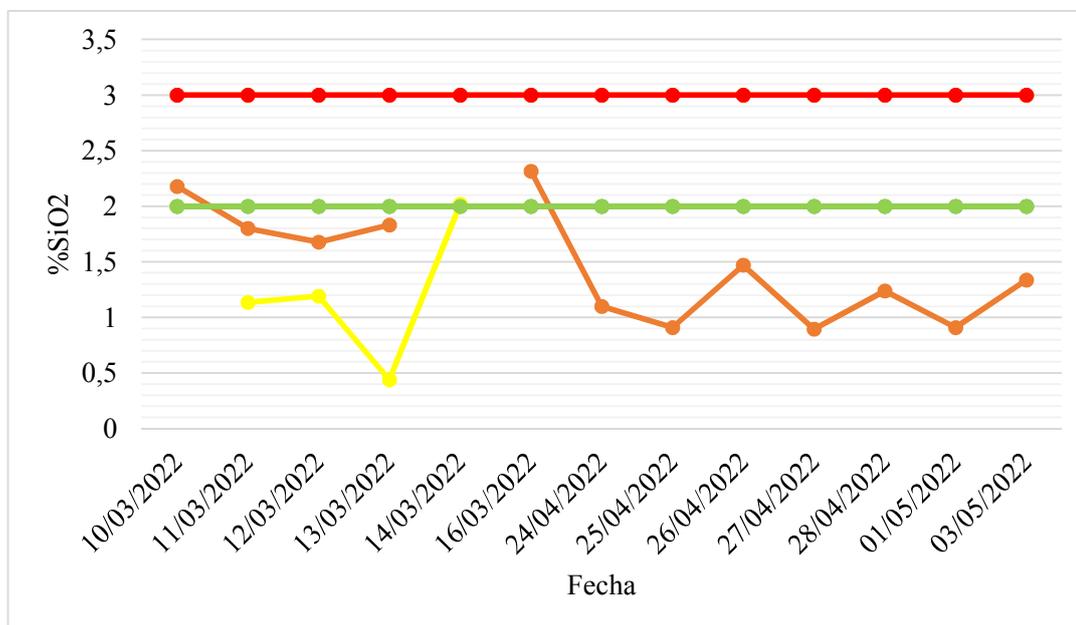


Figura 5.9 Gráfico de control para la sílice de las pilas de FSI

5.3.1.2 Gráficos de control para el Fósforo

En las pilas de FSF el fósforo se comportó por lo general de forma uniforme con poca variabilidad, aunque se mantuvo en su mayor parte por debajo del valor esperado, pero no por mucha diferencia, tal como se aprecia en la Figura 5.10. Los valores más altos se registraron el 15 de marzo y 24 de abril, el primero correspondiente a la pila 05PHB 01/22, como se ve en el apéndice D.9, y el segundo a la pila 06PHB 01/22, como se ve en el apéndice D.10. En el apilado, al igual que con la sílice, los valores estaban por debajo de los registrados en la mina, y se mantuvieron por debajo del valor esperado. En el caso del despacho los valores quedaron por ligeramente por debajo de los datos de la mina.

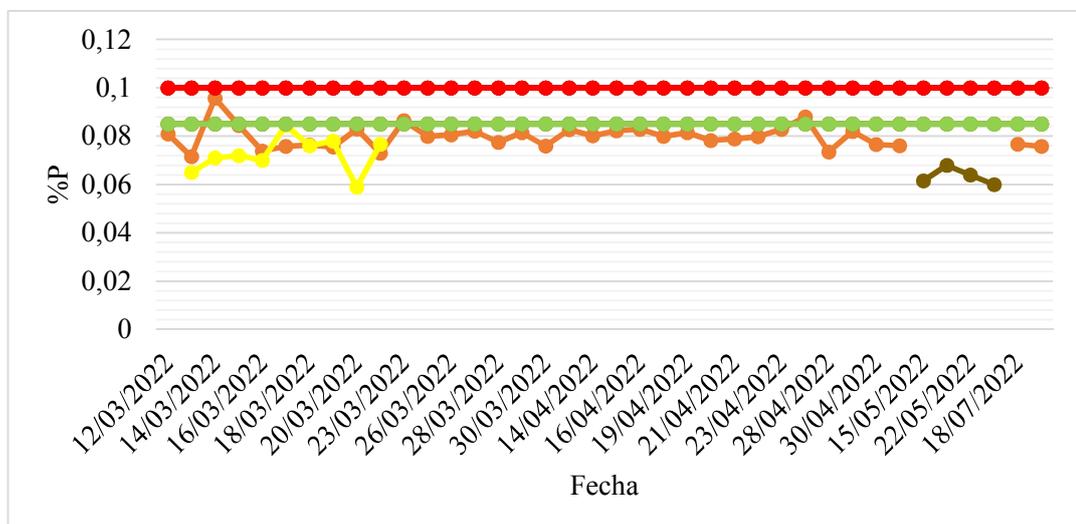


Figura 5.10 Gráfico de control para el fósforo de las pilas de FSF

En las pilas de FPF el fósforo presentó un poco más de variabilidad que las pilas de FSF, y se mantuvo en su mayor parte por debajo del valor esperado, tal como se aprecia en la Figura 5.11. Los valores más altos se registraron el 24 de marzo, y el 5 y 6 de agosto, el primero correspondiente a la pila 06PHD 01/22, como se ve en el apéndice D.11, y los dos últimos a la pila 08PHD 02/22, como se ve en el apéndice D.13. No se obtuvieron datos en el despacho.

En las pilas de FSI el fósforo presentó poca variabilidad que las pilas de anteriores, aunque se tienen menos datos, solo se tiene el apilado de la pila 04PHC 01/22 y los datos de la mina de la 07PHC 01/22, tal como se aprecia en la Figura 5.12. En el apilado los valores se mantuvieron mayormente por debajo del valor esperado, a excepción de un pico, registrado el 12 de marzo, como se ve en el apéndice D.15. Se aprecia también que la mayoría de los datos de la mina se mostraron por encima del valor máximo.

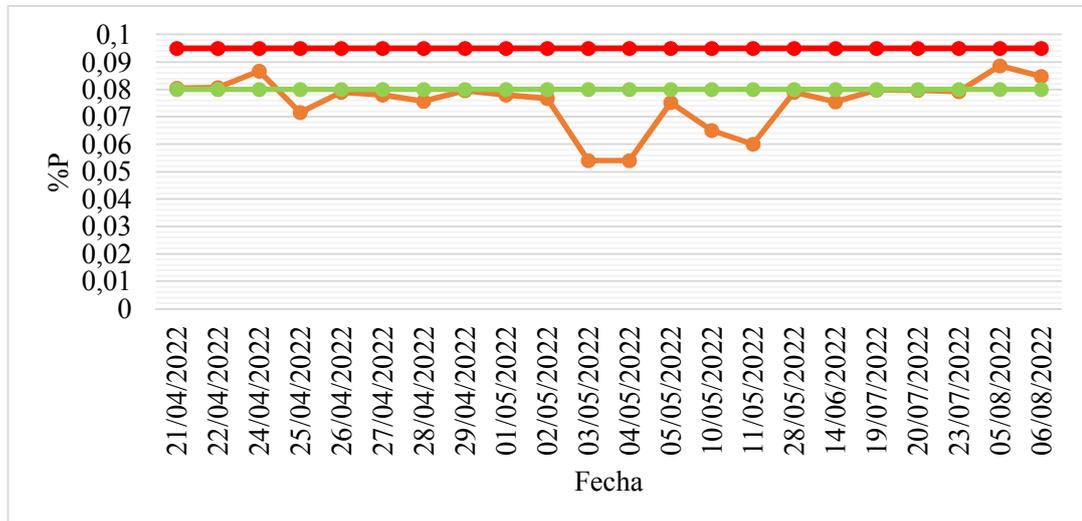


Figura 5.11 Gráfico de control para el fósforo de las pilas de FPF

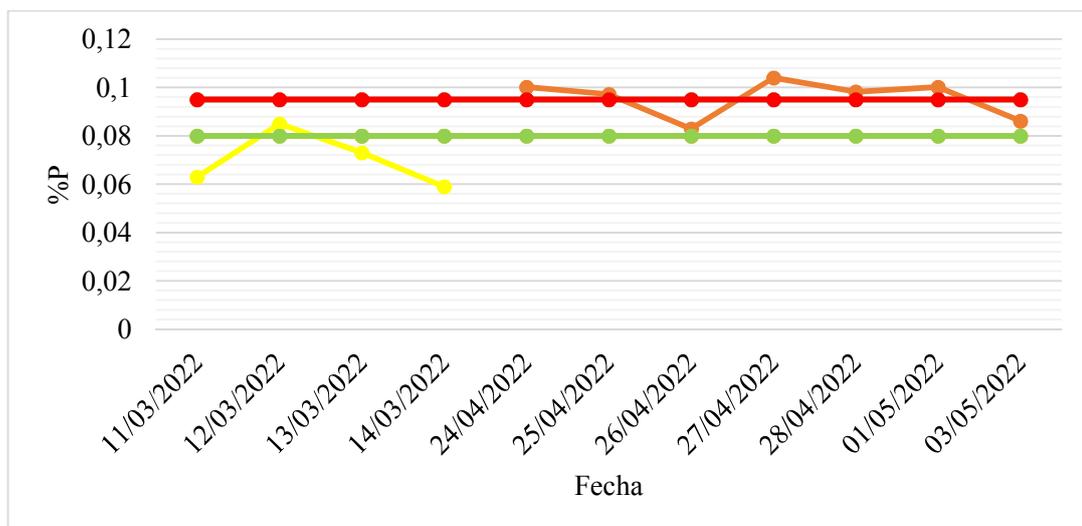


Figura 5.12 Gráfico de control para el fósforo de las pilas de FSI

5.3.1.3 PPC

Los valores de la PPC para el FSF se mantuvieron mayormente por debajo del valor esperado como se ve en la Figura 5.13. Se registraron cinco picos que quedaron entre el valor esperado y el valor máximo; el primero fue el 14 de marzo en la mina y

el 3 de mayo en el despacho de la pila 05PHB 01/22, como se aprecia más detalladamente en apéndice D.17. Los otros tres picos corresponden al 18 y 21 de abril así como el 25 de mayo, en el apilado de la Pila 06PHB 01/22, como se muestra en el apéndice D.18. También se aprecian dos picos que superan el valor máximo, estos fueron el 22 de junio y 14 de julio, ambos en el apilado de 08PHB 01/22, como se ve en el apéndice D.19.

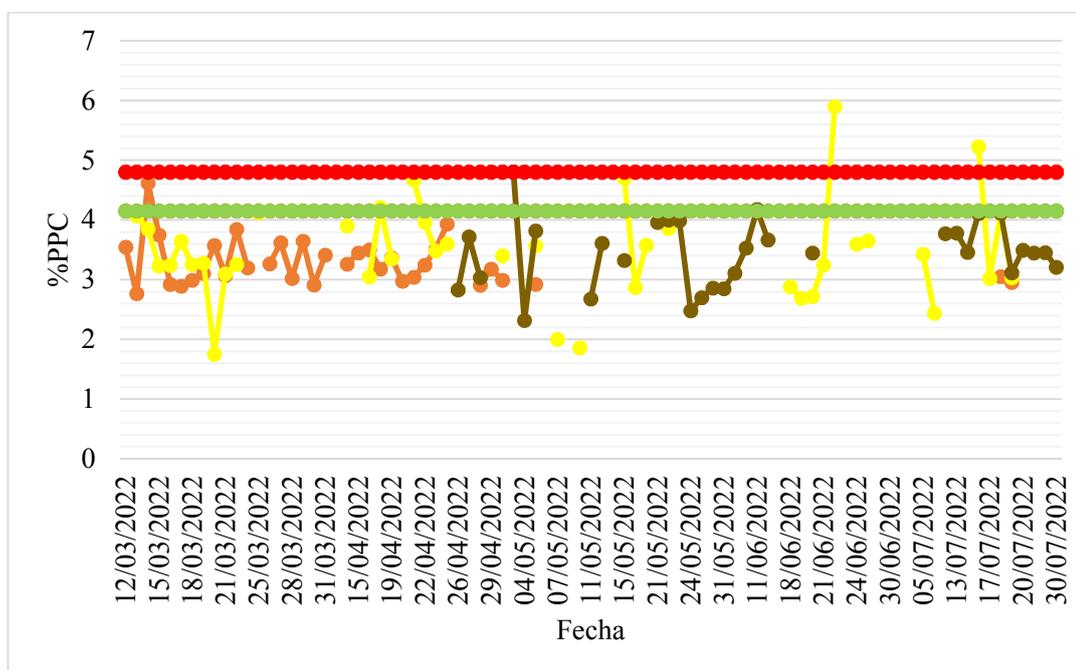


Figura 5.13 Gráfico de control para la PPC de las pilas de FSF

Los valores de la PPC para el FPF se mantuvieron mayormente por debajo del valor esperado aunque presentaron más picos dentro del rango de las especificaciones que el FSF, como se ve en la Figura 5.14. Se registraron cinco picos que quedaron entre el valor esperado y el valor máximo, y cuatro que superaron el valor máximo. La pila 06PHD 01/22 dos de los picos dentro del rango de las especificaciones que fueron el 1 y 15 de mayo, así como un pico que superó el valor máximo el 9 de mayo, como se ve el apéndice D.20. La tendencia de la pila 08PHD 01/22 en el despacho fue en

aumento, alcanzando tres picos que superan al valor máximo, el 5 de mayo y 6 de junio, el 8 de Junio esta pila alcanzó su valor máximo, seguido de una tendencia a bajar, esto se aprecia más detalladamente en el apéndice D.21. Mientras que la pila 08PHD 02/22 registró dos de los valores que superan el valor máximo, que son el 19 y 22 de julio en el despacho.

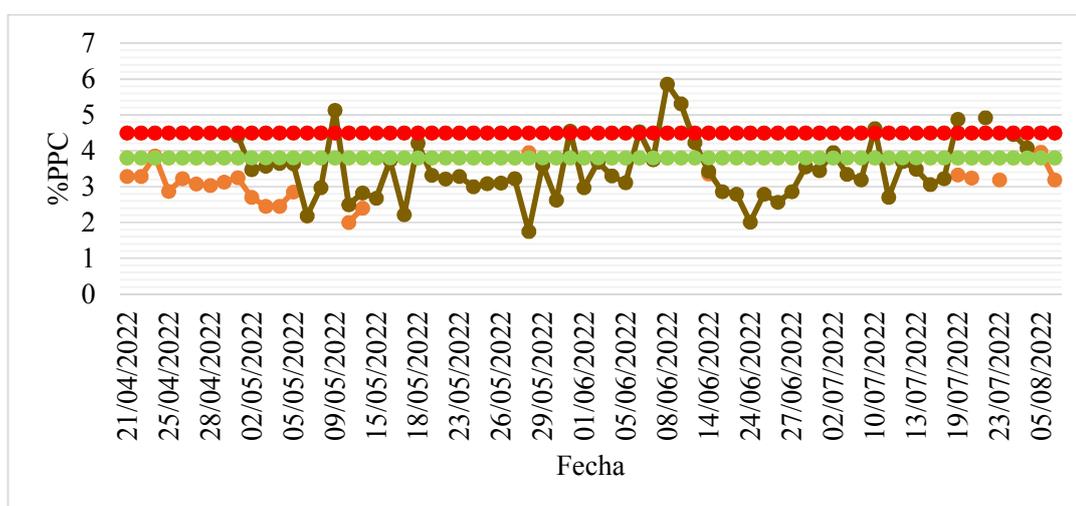


Figura 5.14 Gráfico de control para la PPC de las pilas de FPF

Los valores de la PPC para las pilas de FSI se mantuvieron mayormente por dentro del rango de valores de las especificaciones, especialmente en el apilado, aunque al principio los datos de la mina empezaron por debajo del valor esperado, y los datos del despacho concluyeron con una tendencia a disminuir, como se ve en la Figura 5.15. Se registraron seis valores que excedían el valor máximo. La pila 04PHC 01/22 se mantuvo por debajo del valor esperado tanto en la mina como en el despacho, como se ve el apéndice D.22. La tendencia de la pila 07PHC 01/22 en las tres etapas se mantuvo principalmente dentro del rango de las especificaciones, a excepción de un pico que excede el valor máximo en el apilado del 27 de abril, además de que del 10 al 20 de abril se mantuvo por encima del valor máximo, esto se aprecia más detalladamente en el apéndice D.23. Mientras que la pila 07PHC 02/22 registró un

pico que excedía al valor máximo el 13 de mayo, fuera de eso se mantuvo dentro de las especificaciones, a excepción de unos valores que quedaron por debajo del valor esperado, como se ve en el apéndice D.24

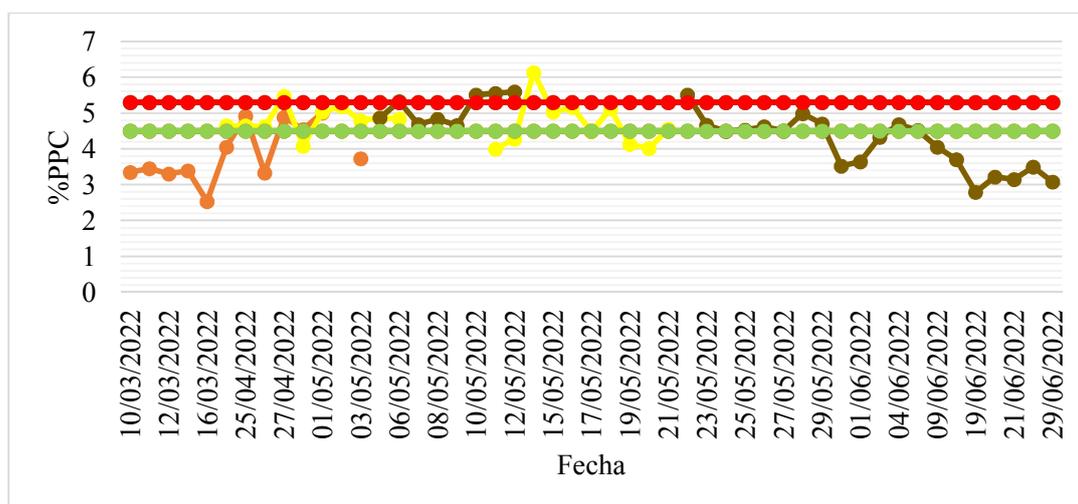


Figura 5.15 Gráfico de control para la PPC de las pilas de FSI

5.3.1.4 Gráficos de control para la 3/8"

Los resultados para el tamiz 3/8" de las pilas de FSF en buena parte dentro de las especificaciones, sin embargo llama la atención una gran cantidad de picos que sobrepasan considerablemente el valor máximo, como se ve en la Figura 5.16, esto se nota en el cierre de las pilas que muestran un promedio mayor al valor máximo como se ve en el apéndice C.5.

El valor más alto fue también el primero que se registró en los datos del apilado de la pila 05PHB 01/22, como se ve en el apéndice D.26, a partir de esto la tendencia fue bajando, hasta mantenerse de forma casi estable, esta misma tendencia se continuó en el despacho. Una tendencia muy parecida se aprecia en la pila 06PHB 01/22 donde los datos de la mina empiezan con el valor más alto y luego muestran una tendencia a disminuir pero manteniéndose dentro del rango de las especificaciones, siguiendo una

tendencia muy parecida en el despacho, apreciable en el apéndice D.27. Por su parte, la pila 08PHB 01/22 registró dos picos en el apilado, uno el 24 de julio, que se mantuvo hasta el 5 de junio, y luego otro el 7 de junio que se muestra después de un vacío de información, por lo que se puede presumir que la tendencia de una PPC alta se mantuvo durante ese periodo de tiempo, sin embargo los valores del despacho si se muestran en su mayor parte dentro o cerca del rango de las especificaciones.

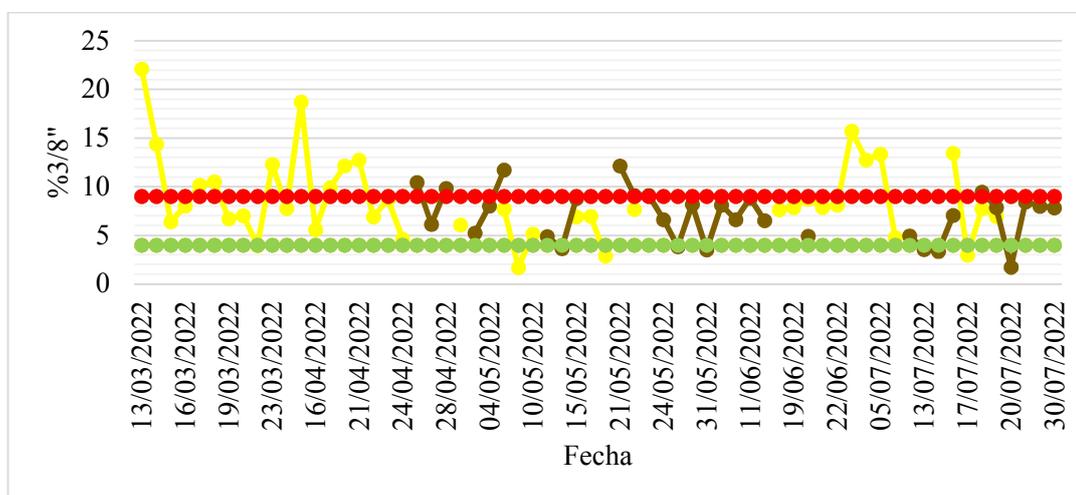


Figura 5.16 Gráfico de control para la 3/8" de las pilas de FSF

Dado que las Pilas de FPF no cuentan con información del apilado, nos encontramos solo con la información del despacho, como se aprecia en la Figura 5.17. Acá vemos que los valores se mueven en un rango más amplio, con la tendencia a subir y bajar de forma casi aleatoria. La pila 06PHD 01/22 inició dentro del rango de las especificaciones, con un pico superando el valor máximo el 5 de mayo, seguido de una tendencia a bajar, culminando por debajo del valor esperado como se ve en el apéndice D.29. La pila 08PHD 01/22 continuó con esta tendencia por debajo del valor esperado, y luego subió, hasta alcanzar un pico el 8 de julio, seguido por una tendencia a bajar. La pila 08PHD 02/22 mostró el comportamiento más errático de las tres pilas, subiendo

y bajando constantemente, como se ve en el apéndice D.31, adicionalmente esta pila cerró con el promedio más alto para la 3/8" como se ve en el apéndice C.5.

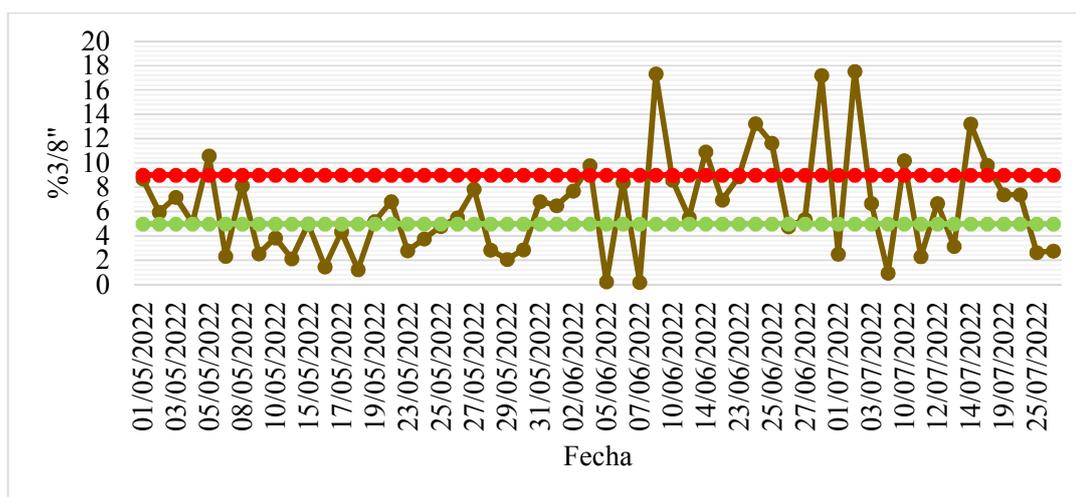


Figura 5.17 Gráfico de control para la 3/8" de las pilas de FPF

El comportamiento de los valores de la 3/8" de las pilas de FSI tuvo menos cambios que las FPF, pero fue menos uniforme que la de FSF, como se ve en la Figura 5.18. Como se ve en el apéndice D.32 se tiene pocos datos de la pila 04PHC 01/22, en comparación a las demás pilas, pero la mayoría de los datos del apilado se mostraban por encima del valor máximo, pero se mostraba más cercano al rango de las especificaciones en el despacho. La pila 07PHC 01/22 arrancó en el apilado con valores altos, similares a los de la pila anterior, pero tuvo una tendencia a bajar hasta llegar a valores cercanos al rango de las especificaciones, como se muestra en el apéndice D.33, esta misma tendencia se continuó en el despacho, y aunque mostró una pequeña tendencia a subir, se mantuvo cercano en su mayor parte al valor esperado. La pila 07PHC02/22 mostró un comportamiento más irregular, mostrando tres picos que superan al valor máximo en el despacho, sin embargo, llama la atención que en el despacho se mantuvo dentro del rango de las especificaciones, con cuatro valores por debajo del valor esperado.

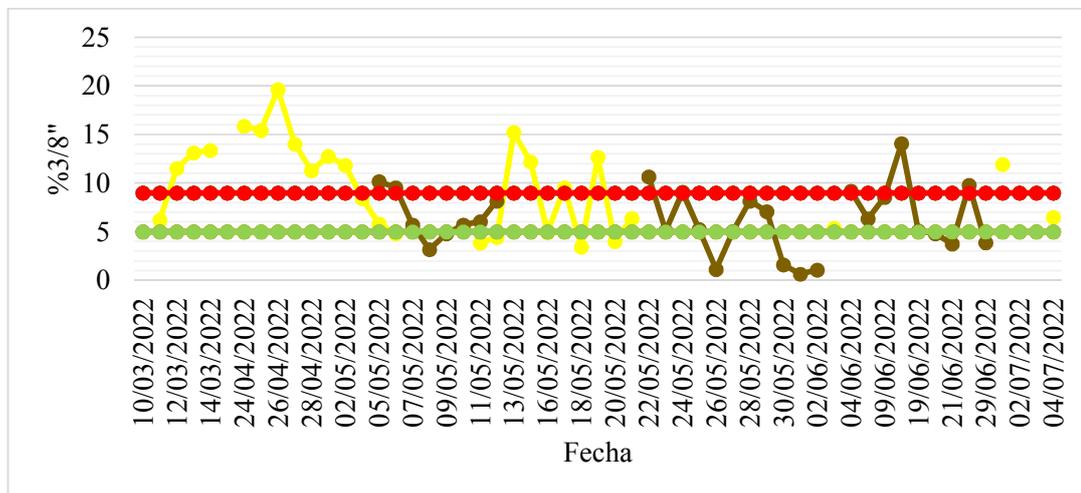


Figura 5.18 Gráfico de control para la 3/8" de las pilas de FSI

5.3.2 Gráfico de cajas y bigotes

A través del uso de gráficos de cajas y bigotes se pudo comparar la eficiencia de las pilas de homogeneización en la reducción de la variabilidad de los parámetros de calidad. Lamentablemente los datos no fueron suficientes para hacer una comparación aceptable de todos los parámetros evaluados, sin embargo, sí se pudo usar unos parámetros para comparar la eficiencia de las pilas.

5.3.2.1 Gráficos de Cajas y Bigotes de la PPC

La PPC fue el parámetro de calidad del cual se tuvo mayor cantidad de datos durante todo el proceso de control de calidad, por lo que fue una de las mejores referencias para comprobar la efectividad de las pilas de homogeneización.

Como era de esperarse, las pilas de FPF tuvieron poca efectividad en comparación a las otras pilas estudiadas, notando como el gráfico de cajas y bigotes

correspondiente a la mina es más pequeño que el que corresponde al despacho, notándose hasta 5 valores anómalos como se aprecia en la Figura 5.19.

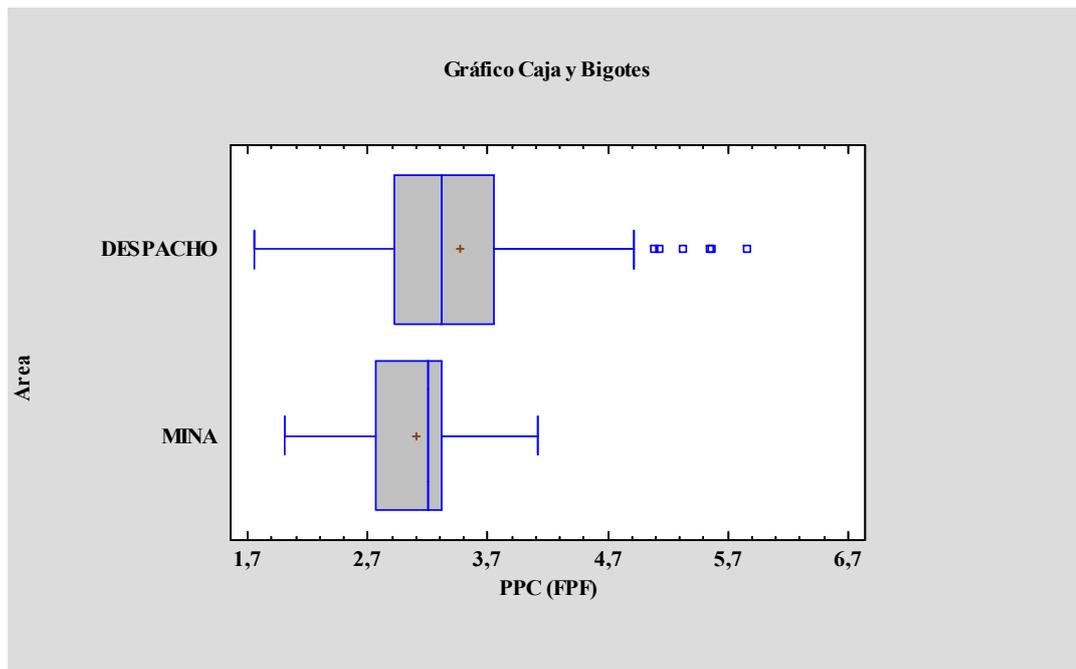


Figura 5.19 Gráfico de Cajas y Bigotes para la PPC de las pilas de FPF

El comportamiento de las pilas de FSI fue más parecido al esperado. En la Figura 5.20 se aprecia como las cajas disminuyeron en cada etapa del proceso de control de calidad, aunque llama la atención que los bigotes del apilado son los más anchos, aun así, la media pareció mantenerse constante.

Para el caso de las pilas de FSF se nota que al igual que las pilas de FPF que la caja, e incluso los bigotes de la mina es mucho más pequeña que la caja del despacho como se ve en la Figura 5.21 Gráfico de cajas y Bigotes para la PPC de las Pilas de FSF. Llama la atención que en la mina hubo una mayor cantidad de datos anómalos. Aun así, de forma general se nota que no hubo una

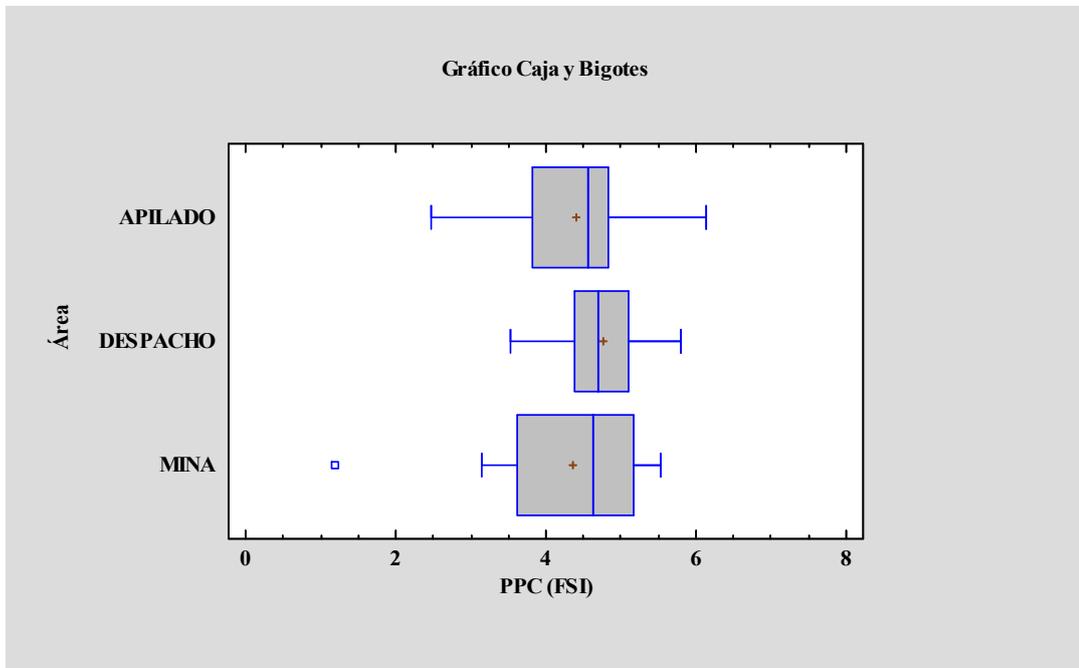


Figura 5.20 Gráfico de Cajas y Bigotes para la PPC de las pilas FSI

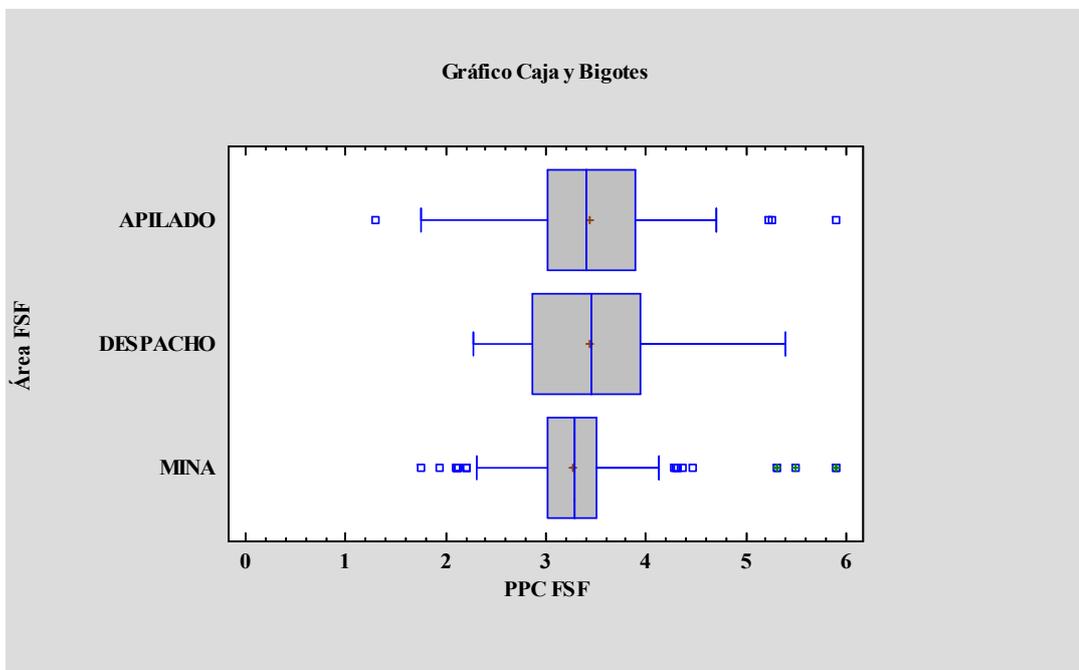


Figura 5.21 Gráfico de cajas y Bigotes para la PPC de las Pilas de FSF

mejora la variabilidad de la PPC en las pilas de FSF, es posible que esto ocurra debido al tipo de pila de homogeneización utilizada, que en este caso es bastante curioso que se trata de una pila de homogeneización que, en teoría debería ser más efectiva.

5.3.2.2 Gráfico de Cajas y Bigotes para la 3/8"

El parámetro de la 3/8" solo fue evaluado en las pilas de FSI y FSF, esto dado que al no haber datos ni de apilado ni minas, no se pudo usar este parámetro para evaluar el comportamiento de las pilas FPF.

En la Figura 5.22 se aprecia que la caja del despacho es mucho más pequeña que la caja del apilado, probando que la variabilidad de los parámetros de calidad se redujo.

De forma similar se aprecia en la Figura 5.23 que las pilas de FSF también mostraron una reducción de la variabilidad del apilado al despacho, caso contrario a lo que ocurrió con la PPC, evidenciando que al menos el parámetro de la 3/8" sí se vio disminuida por el proceso de homogeneización en las pilas tipo Windrow.

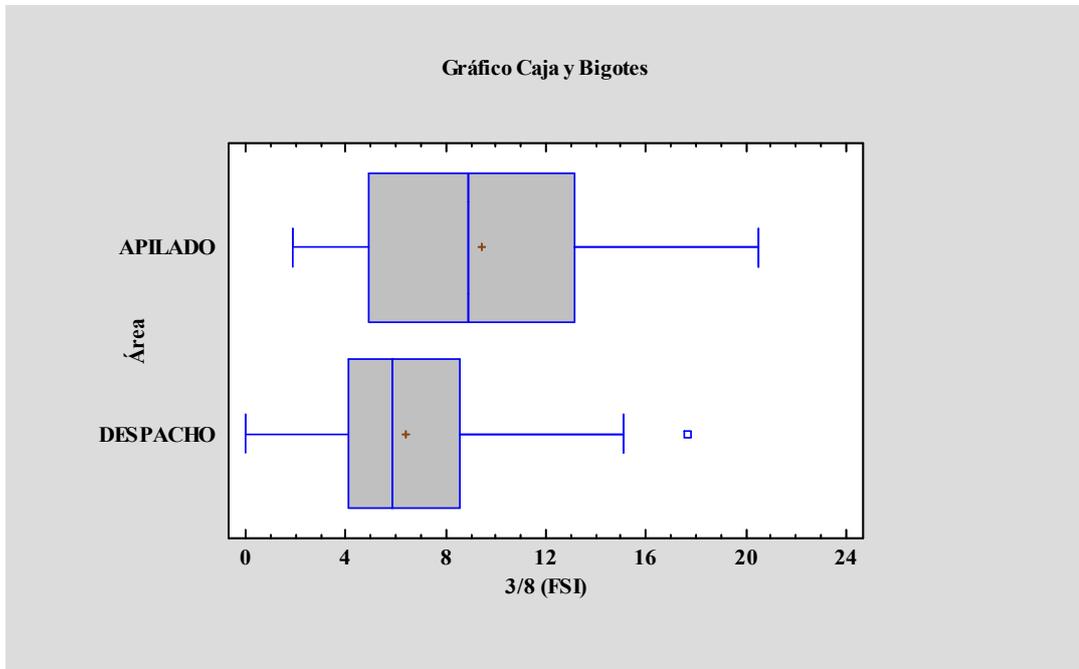


Figura 5.22 Gráfico de Cajas y Bigotes para la 3/8" de las pilas de FSI

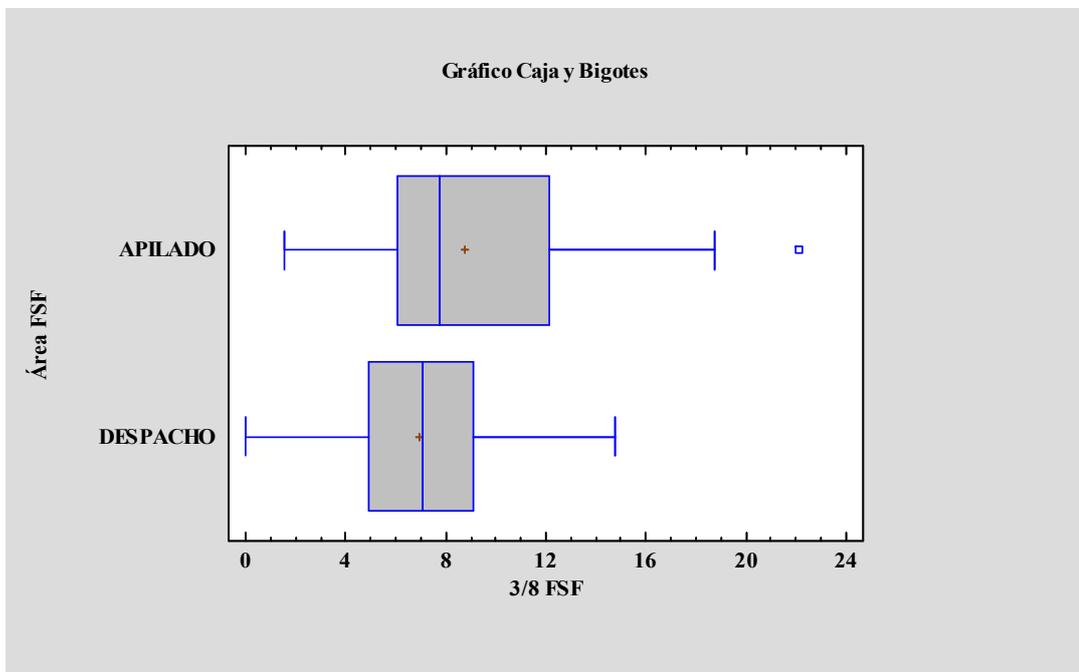


Figura 5.23 Gráfico de Cajas y Bigotes para la 3/8" de las pilas de FSF

5.3.2.3 Gráfico de Cajas y Bigotes para la Sílice

La sílice solo evaluada en las pilas de FSF ya que no se contaba con información suficiente para hacer una comparación en la variabilidad de los datos de las demás pilas.

En la Figura 5.24 se aprecia que la efectividad de la pila para reducir la variabilidad de la sílice fue mucho mejor que en los casos de los demás parámetros de las pilas de FSF. Esto se nota en como la caja del despacho es mucho más pequeña que la de la mina, a pesar de los valores anómalos que se presentaron en el despacho.

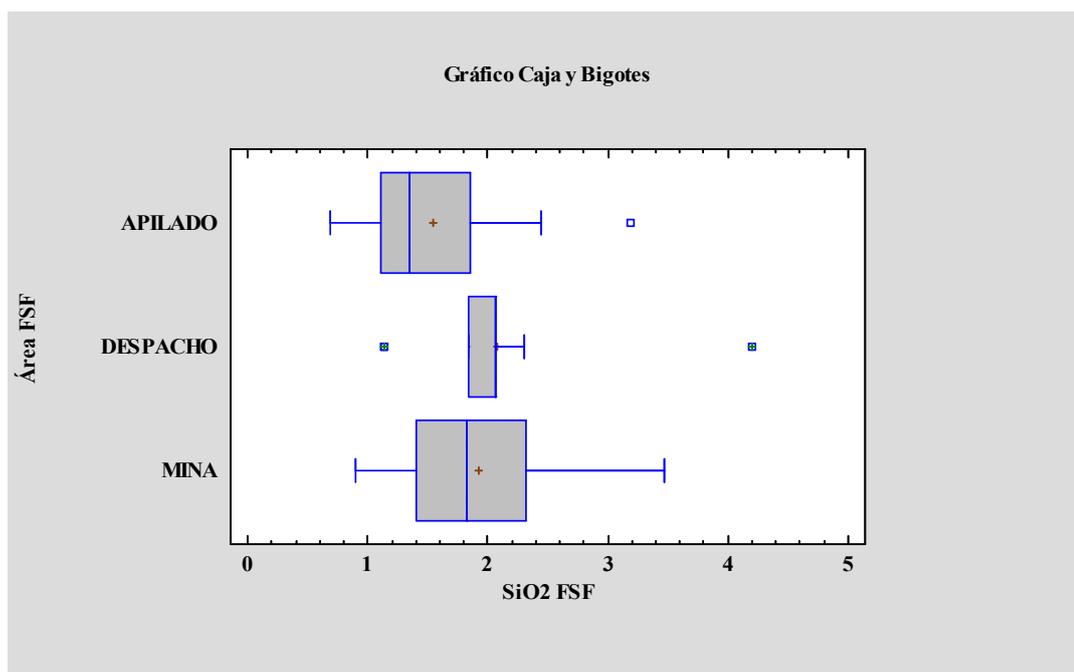


Figura 5.24 Gráfico de Cajas y Bigotes para la sílice de las pilas de FSF

5.4 Estimación de la influencia de la litología en los parámetros de calidad de las pilas de homogeneización

Los datos de la litología fue obtenida a través de los datos aportados por la Superintendencia de Calidad Ciudad Piar, donde se pudo tener una idea de la composición litológica de las pilas de homogeneización, y posteriormente se procedió a comparar con los resultados de la caracterización de las pilas.

5.4.1 Litología de las pilas de FSI

En la Figura 5.25 que la pila 04PHC 01/22 estuvo compuesta principalmente de finos negros, específicamente 37% de finos negros silíceos laminados y 29% de finos negros laminados; en menor cantidad de finos marrones (15%) y finos marrones Limoníticos, la costras fueron la menos comunes en esta pila, con 5% de costra laminada, 4% de costra hematítica, 3% de costra laminada silícea, y 2% de costra limonítica.

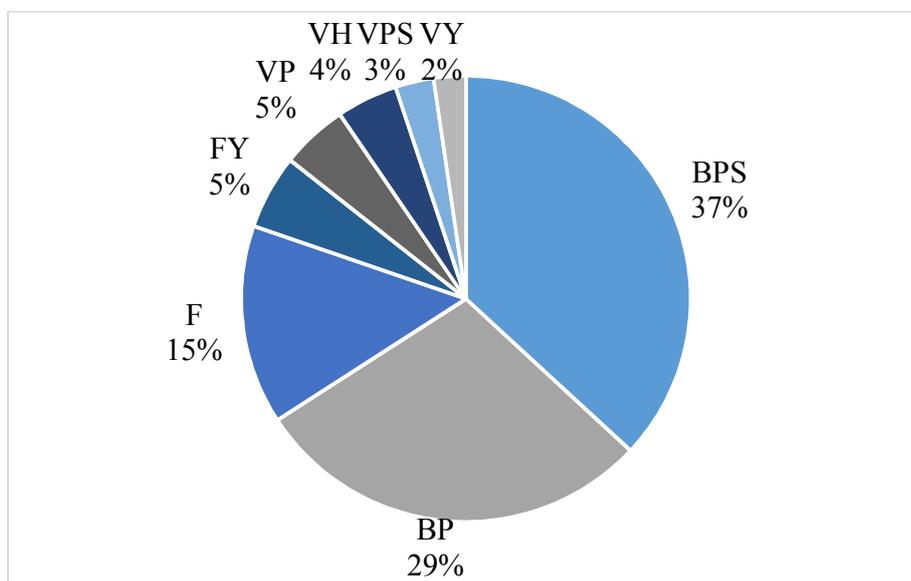


Figura 5.25 Composición litológica de la Pila 04PHC 01/22

En el caso de la pila 07PHC 01/22 no se contó con tantos datos de la litología de las minas como con el resto de las pilas, aun así en la Figura 5.26 se aprecia que la pila

07PHC 01/22 está compuesta aproximadamente de 40% de Finos marrones Limoníticos, 40% de finos marrones, y 20% de costra limonítica.

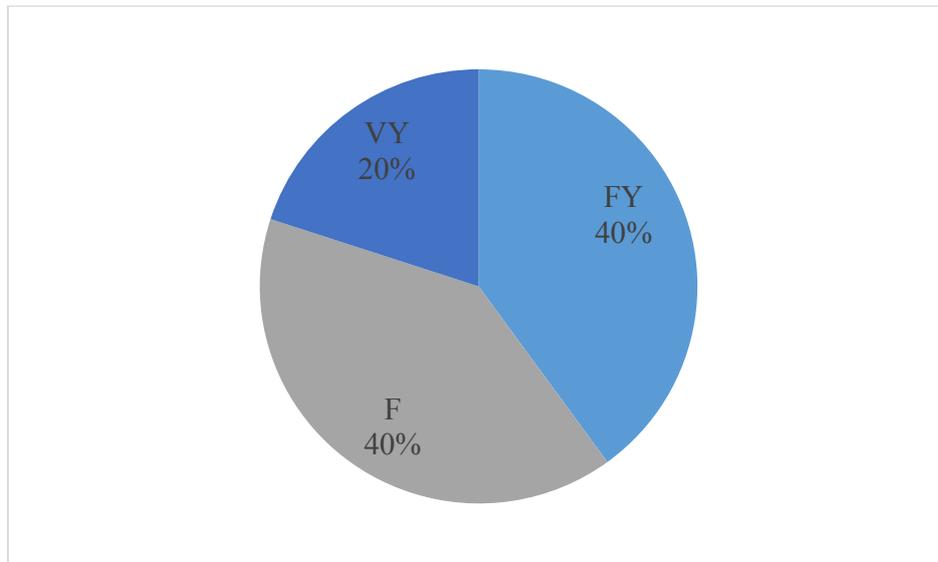


Figura 5.26 Composición litológica de la Pila 07PHC 01/22

La composición de la pila 07PHC 01/22 fue muy parecida a la de la anterior, como se ve en la Figura 5.27, con 38% de finos marrones Limoníticos, 36% de finos marrones, y 26% de costra limonítica.

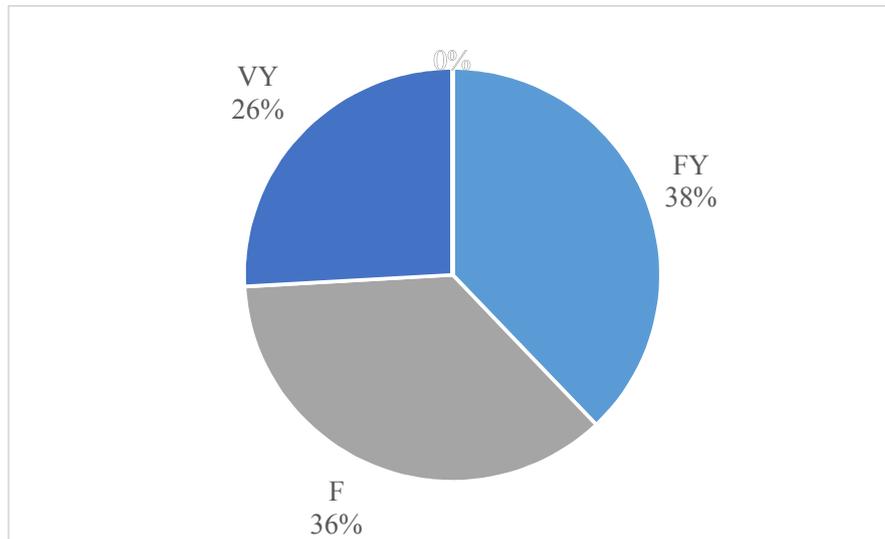


Figura 5.27 Composición litológica de la pila 07PHC 02/22

La pila 06PHD 01/22 estuvo compuesta en su mayor parte de finos negros laminados (50%) como se ve en la Figura 5.28, adicionalmente tenía un 17% de finos marrones Limoníticos, 13% de finos marrones laminados, 11% de costra limonítica y 9% de finos negros.

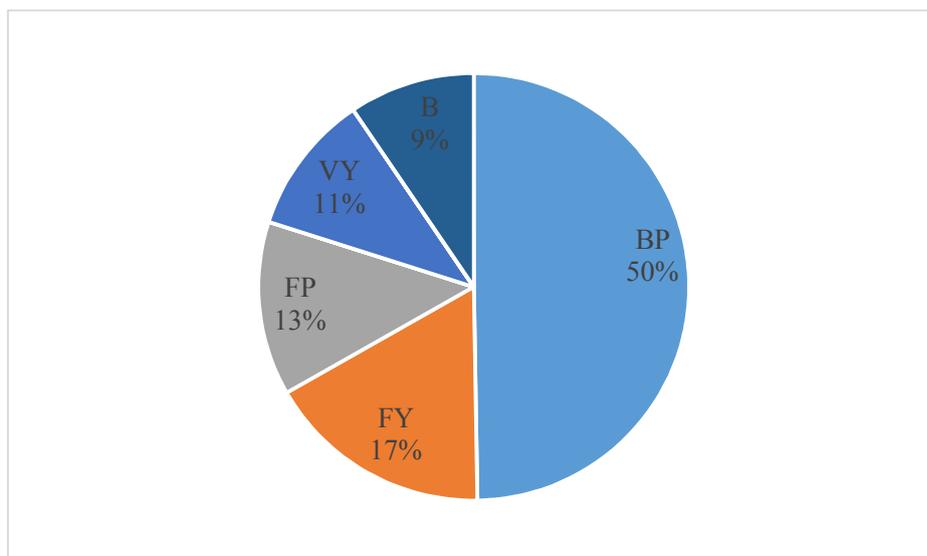


Figura 5.28 Composición litológica de la pila 06PHD 01/22

De la pila 08PHD 01/22 solo se tuvo una muestra de litología, cuyos resultados se aprecian en la Figura 5.29, donde se aprecia que el resultado fue 70% finos marrones laminados, 30% finos Limoníticos, y 10% costra limonítica.

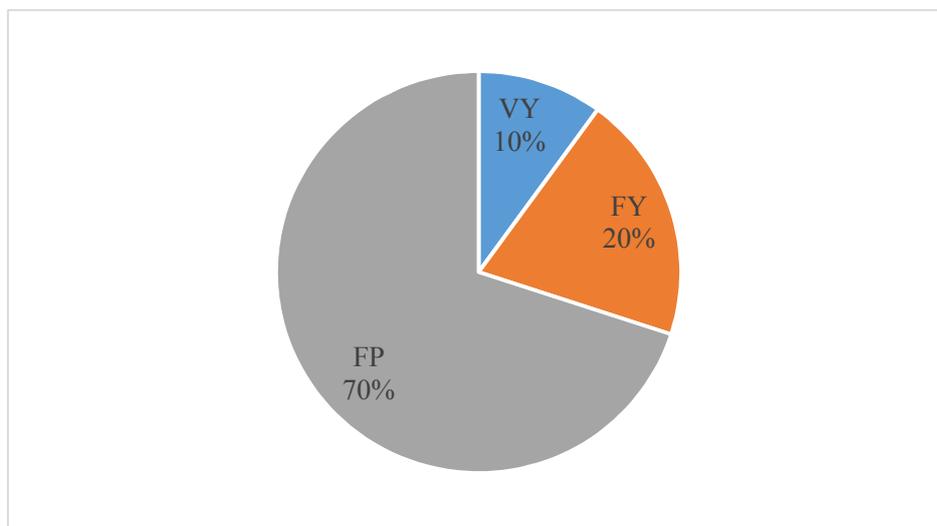


Figura 5.29 Composición litológica de la pila 08PHD 01/22

La composición de la pila 08PHD 02/22, mostrada en la Figura 5.30. Estuvo compuesta en su mayor parte por finos negros: 26% de finos negros silíceos laminado, 20% de finos negros laminados, 1% de finos negros laminados. En menor cantidad finos marrones: 14% de finos marrones laminados, 11% de finos marrones Limoníticos, 9% de finos marrones. Tuvo una mayor cantidad de costras que las otras pilas: 8% de costras laminadas, 5% de costras limonítica, 3% de costra hematítica, 3% de costra laminada silícea y una muy pequeña cantidad de costra masiva.

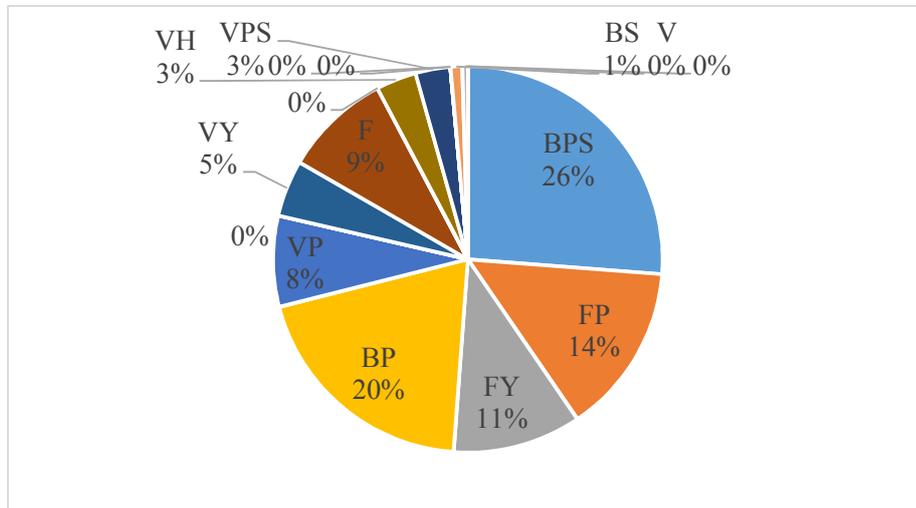


Figura 5.30 Composición litológica de la pila 08PHD 02/22

De la pila 05PHB 01/22 no se pudo obtener información sobre la composición litológica,

La Figura 5.31 muestra que la composición de la pila 06PHB 01/22 fue de: 43% de finos negros laminados, 20% de finos marrones Limoníticos, 15% de costra limonítica, 11% de finos negros silíceos y 11% de finos marrones silíceos.

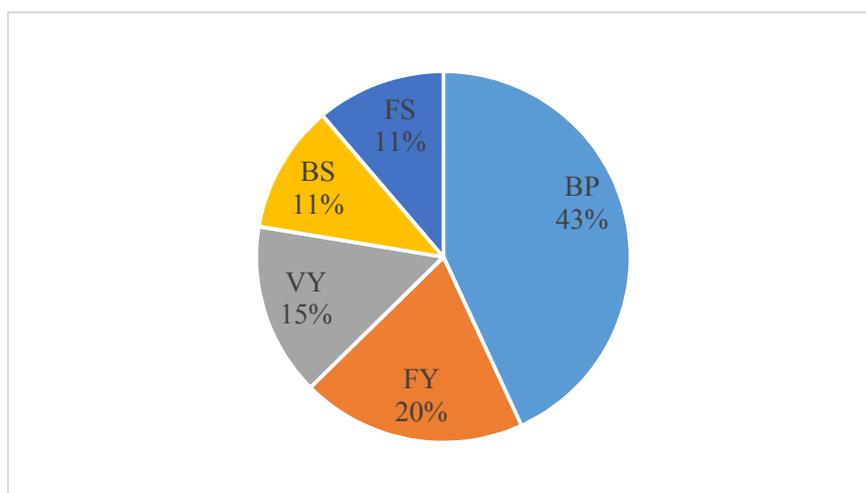


Figura 5.31 Composición litológica de la pila 06PHB 01/22

La Figura 5.32 la pila 08PHB 01/22, estuvo compuesta en su mayor parte por finos negros: 32% de finos negros laminados, 11% de finos negros silíceos laminados, 5% de finos negros silíceos, 3% de finos negros laminados; finos marrones: 28% de finos marrones laminados, 2% de finos marrones Limoníticos, 2% de finos marrones; y pocas cantidades de costras hematítica, limonítica y laminada silícea.

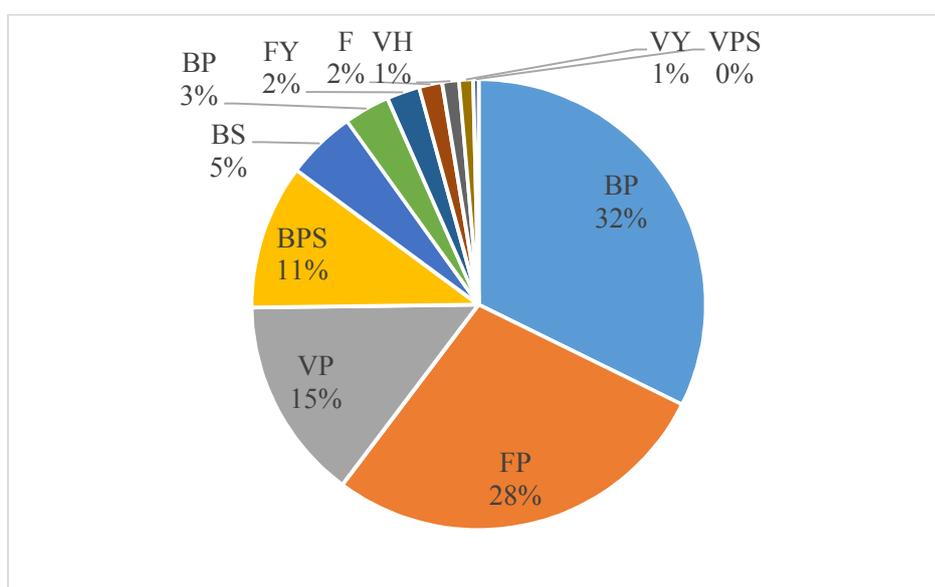


Figura 5.32 Composición litológica de la pila 08PHB 01/22

5.5 Evaluación de la influencia del aporte por minas y la disminución de la variabilidad

Una vez obtenido el aporte por minas fue comparado con los resultados obtenidos de la caracterización. Se notó que la mayoría del material de las pilas estudiadas provino de la mina Los Barrancos, y en menor medida de las minas San Isidro y Altamira, por lo que se evaluó la posible influencia de cada mina en los resultados.

5.5.1 Aporte por minas de las pilas FSI

Las material de las pilas de FSI provino en su mayor parte de la mina Los Barrancos, tanto las pilas de 07PHC 01/22 como la 07PHC 02/22 estuvieron compuestas en su totalidad por material de esta mina. Por otra parte la pila 04PHC 01/22 se compuso en un 41% de Los Barrancos, 39% de la mina San Isidro y un 20% de la mina Altamira como se ve en la **Figura 5.33**.

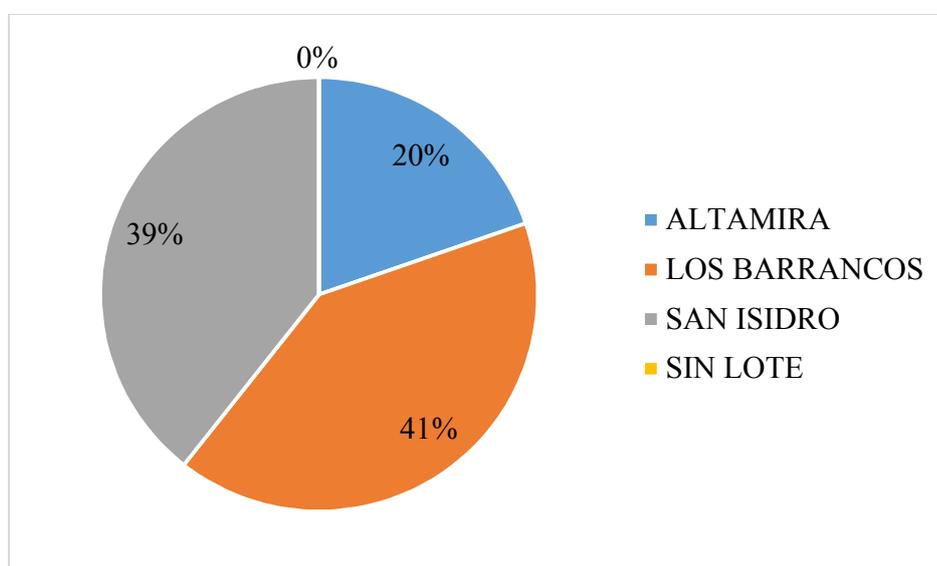


Figura 5.33 Aporte por minas de la Pila 04PHC 01/22

5.5.2 Aporte por minas de las pilas de FSF

En estas pilas la mina con mayor aporte fue Los Barrancos, seguida de San Isidro y Altamira. En la Figura 5.34 se ve que el 54% del material de la pila 05PHB 01/22 vino de la Los Barrancos, 25% de San Isidro y 20% de Altamira, se nota además que un 1% de las muestras tomadas no tenían información de qué mina provino.

En la Figura 5.35 se ve que el 62% del material de la pila 06PHB 01/22 vino de la Los barrancos, más que la pila anterior, 29% de San Isidro y considerablemente menos material de la mina Altamira con 7%, se nota además que un 2% de las muestras tomadas no tenían información de qué mina provino.

En la Figura 5.36 **Figura 5.35** se ve que, al igual que la pila anterior el 62% del material de la pila 08PHB 01/22 vino de la Los barrancos, y el 38% restante de San Isidro, siendo esta, la única pila de FSF estudiada sin material de Altamira.

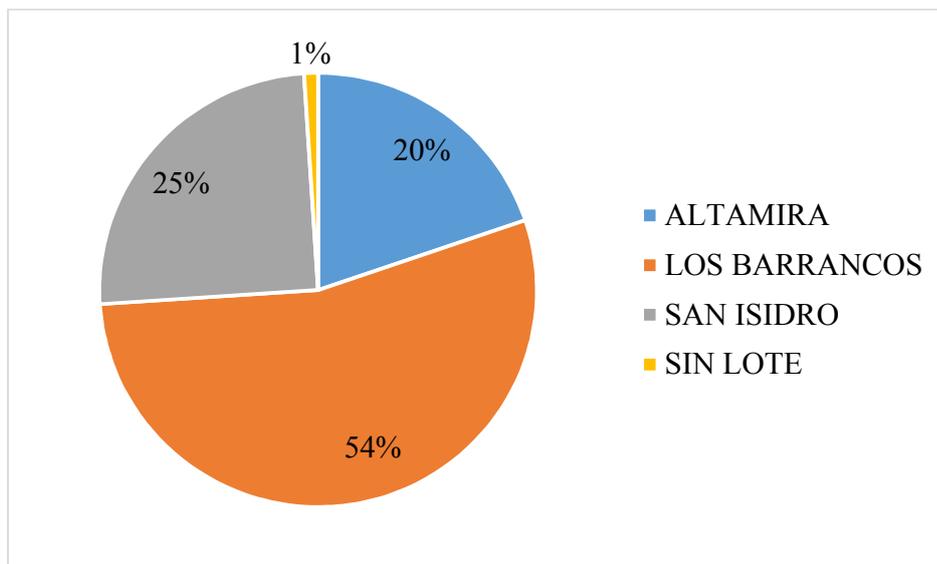


Figura 5.34 Aporte por minas de la Pila 05PHB 01/22

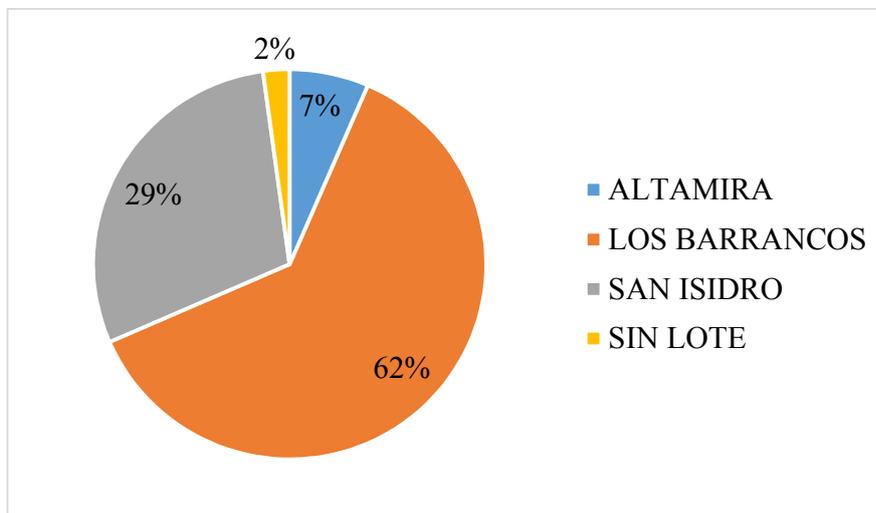


Figura 5.35 Aporte por minas de la Pila 06PHB 01/22

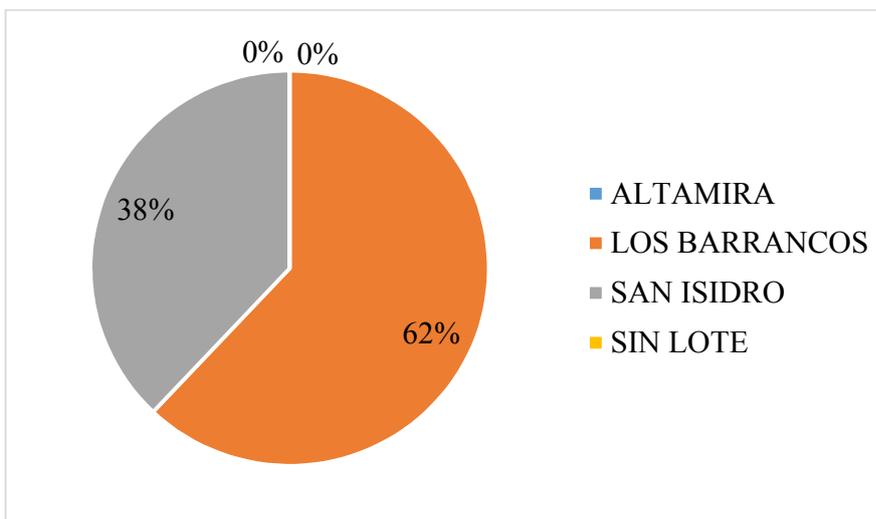


Figura 5.36 Aporte por minas de la Pila 08PHB 01/22 %

5.5.3 Aporte por minas de las pilas de FPF

En la **Figura 5.37** se aprecia que la pila 06PHD 01/22 fue la única pila estudiada compuesta en su mayor parte por material de la mina San Isidro con 52%, con solo un 45% de los Barrancos y el 7% de Altamira.

En cambio, en la Figura 5.38 se aprecia que la pila 08PHD 01/22 tuvo un aporte de la mina Los Barrancos del 67%, 24% de San Isidro, y 9% Altamira.

Por otro lado, en la Figura 5.39 **Figura 5.38** se aprecia que la pila 08PHD 02/22 tuvo un aporte de la mina Los Barrancos del 71%, y el 29% restante de San Isidro.

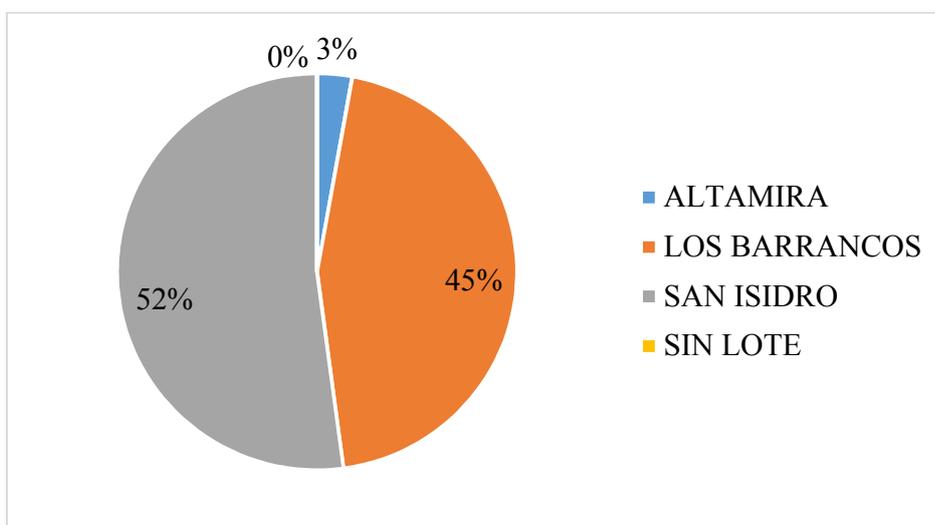


Figura 5.37 Aportes por minas de la Pila 06PHD 01/22

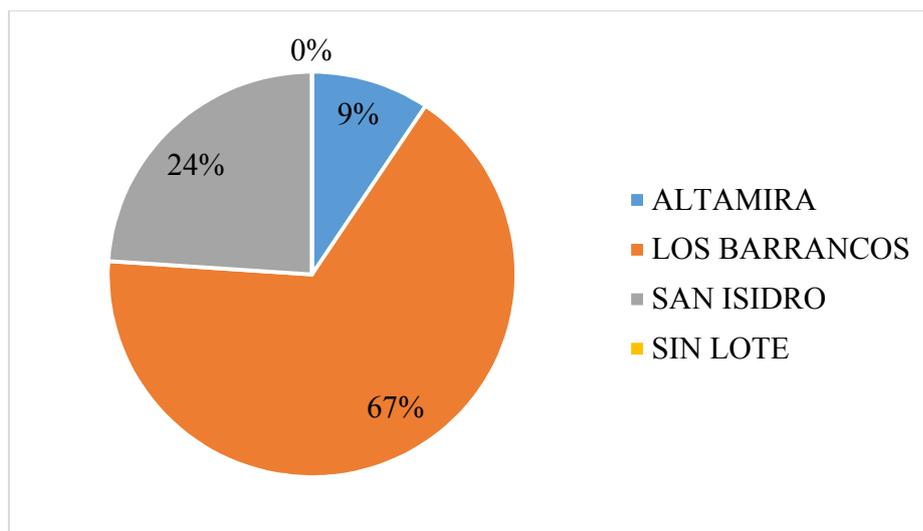


Figura 5.38 Aporte por minas de la pila 08PHD 01/22

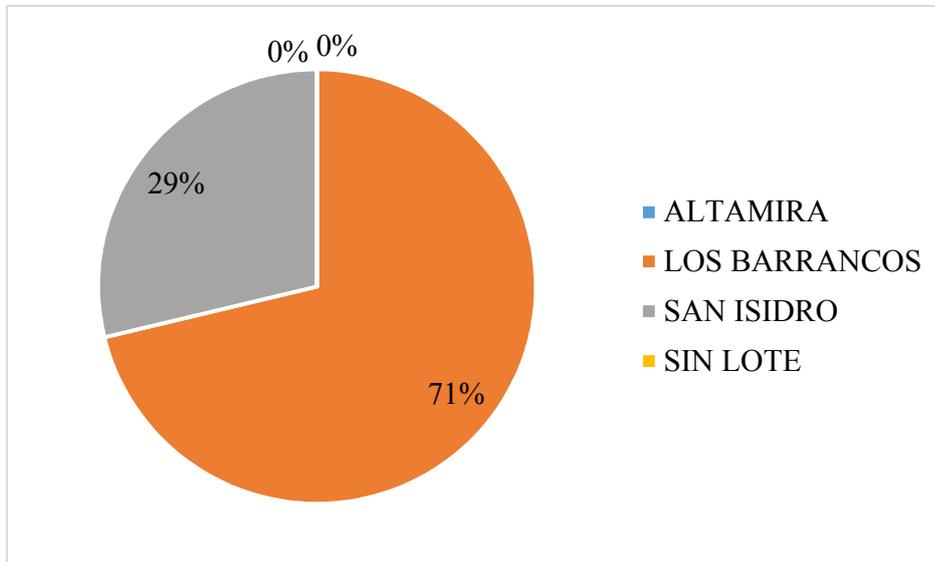


Figura 5.39 Aporte por minas de la pila 08PHD 02/22

CONCLUSIONES

❖ Las pilas de homogeneización presentan una composición heterogénea en cuanto a sílice, fósforo, PPC, humedad y contenido de partículas mayores a 3/8 de pulgada, mostrándose esto en pilas con composiciones químicas diferentes. Esto puede afectar negativamente la calidad del producto final, y es necesario tomar acciones correctivas para ajustar la mezcla y lograr una composición más homogénea.

❖ Los parámetros más críticos que muestran variabilidades considerables son la PPC, la humedad y el contenido del tamiz 3/8", estando estos tres valores posiblemente relacionados, ya que parecen mostrar una tendencia a variar uno en función del otro. La falta de información sobre los contenidos de sílice y fósforo no permiten establecer una idea apropiada sobre el comportamiento de estos parámetros a lo largo del proceso de homogeneización, por lo que se vuelve de gran importancia el mantener un control más exhaustivo sobre las variables químicas en el control de calidad.

❖ Las pilas con mejores resultados en la disminución de la variabilidad de los parámetros de calidad fueron las de FSI, por lo que se aprecia que el mejor modelo de homogeneización es la tipo Chevron. Las pilas FSF fueron casi tan efectivas para la homogeneización, sin embargo, no mostraron un buen desempeño en la reducción de la variabilidad de la PPC. Finalmente las pilas sin homogeneizar de FPF, sirvieron para mostrar la importancia del proceso de homogeneización al verse como los parámetros de calidad aumentaban la variabilidad al ser despachados crudos.

❖ La litología se mostró como un parámetro importante al que también debe mantenerse un control para evitar la variabilidad de los parámetros físico químico, ya que influenciaban considerablemente en la composición de las pilas. Siendo más variables las pilas con composición más heterogénea.

❖ El aporte por minas mostró ser un parámetro que puede ser controlado mediante el uso de pilas de homogeneización, a pesar de afectar la composición litológica.

RECOMENDACIONES

❖ Hacer estudios correlativos que permitan estimar la relación existente entre la humedad y los resultados del tamiz 3/8”.

❖ Establecer valores de control para la desviación estándar de los parámetros de calidad físicos y químicos dentro de las especificaciones de la empresa. Esto con el fin de poner cuantificar el comportamiento aceptable para esta medida de dispersión, y poder complementar las estadísticas manejada por Gerencia de Calidad, ayudando a mejorar la identificación de causas asignables de variabilidad, facilitando así la toma de acciones correctivas.

❖ Estudiar más a profundidad los procedimientos de formación y recuperación de los distintos tipos de pilas de homogeneización utilizados por la empresa, para poder identificar posibles mejoras que permitan optimizar los resultados en la homogeneización de los parámetros calidad.

❖ Actualizar la información de la empresa en lo referente a los promedios de los parámetros físicos y químicos de los distintos tipos de unidades litológicas, así como la caracterización de las diferentes minas, y las estimaciones de las reservas.

❖ Implementar un muestreador automático para el control de calidad de la formación y despacho de las pilas de homogeneización.

REFERENCIAS

Álvarez, R. (2003) **METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE LA CARGA DE EXPLOSIVOS DE LA C.V.G. FERROMINERA ORINOCO**. Tesis de Grado. Ciudad Bolívar. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, P 120.

Arias, F. (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA** (6ta ed.). Caracas: Editorial Episteme, C.A, pp 22-83.

ASIMET (2020) **MINERAL DE HIERRO EN LATINOAMÉRICA**. Recuperado el 24 de Julio de 2022 de: <https://www.asimet.cl>

Bolívar, E. (2014) **DISEÑO DE LA SECUENCIA DE EXPLOTACIÓN DE LOS YACIMIENTOS QUE CONFORMAN EL GRUPO REDONDO DEL DISTRITO FERRÍFERO PIAR PARA UN PERIODO DE LARGO PLAZO, C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A., ESTADO BOLÍVAR**. Tesis de Grado. Caracas. Universidad Central de Venezuela, pp 8-29.

C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. **HISTORIA DEL HIERRO EN VENEZUELA – FERROMINERA ORINOCO C.A.** Recuperado el 24 de abril de 2023 de: <https://www.ferrominera.com/historia/>

C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. **MANUEL DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS**.

C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. **UBICACIÓN GEOGRÁFICA – FERROMINERA ORINOCO C.A.** Recuperado el 24 de abril de 2023 de: <https://www.ferrominera.com/ubicacion-geografica/2/7>

Carrero F. (2004) **CLASIFICACIÓN MINERALÓGICA DEL CERRO BOLÍVAR Y EL CUADRILÁTERO SAN ISIDRO A TRAVÉS DE ANÁLISIS MULTIESPECTRAL, UTILIZANDO IMÁGENES DE SATÉLITE LANDSAT 7 ETM+**. Tesis de Grado. Caracas. Universidad Central de Venezuela, pp 9-20.

Carro, R. y Gonzáles, D (s.f.). **ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES – CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**. Universidad Nacional de Mar de Plata. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, P25.

Curra, A (2000). **VARIABILIDAD DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN LOS CORTES DE VAGONES FORMADOS EN CIUDAD PIAR Y LAS PILAS DE PRODUCTOS ELABORADAS EN PUERTO ORDAZ**. Tesis de Grado. Ciudad Bolívar. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, P 105.

EAFIT (s.f.). **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**. Recuperado el 24 de julio de 2022 de: <https://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/consultorio-contable/Documents/A%20Aseguramiento%20de%20la%20CALIDAD.pdf>

Everett, J., Howard, T. y Jupp, K. (2010) **SIMULATION MODELLING OF GRADE VARIABILITY FOR IRON ORE MINING, CRUSHING, STOCKPILING AND SHIP LOADING OPERATIONS**. Recuperado el 8 de septiembre de: <https://www.researchgate.net/publication/233650686>

Falcó, A. (2006). **CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**. Apuntes de Clases. Madrid. Universidad Pontificia Comillas, P74.

International Standardization Organization (2000) **ISO 3082:2000(E) IRON ORES – SAMPLING AN SAMPLE PREPARATION PROCEDURES**. Tercera Edición. ISO 2000.

International Standardization Organization (2015). **¿QUÉ ES EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD Y CÓMO SE USA?**. Recuperado el 24 de Junio de 2022 de ISO tools: [<https://www.isotools.org/2015/03/20/que-es-el-aseguramiento-de-la-calidad-y-como-se-consigue/>].

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO ELECTRÓNICO DE VENEZUELA.

Recuperado el 5 de junio del 2011 de: <https://www.pdv.com/léxico>

Machado, M., Coimbra, J., Tamantini, D., Stangler, R., Birro, E. y Koppe, J., (2010). **A COMPROVAÇÃO DA RELAÇÃO VOLUME X VARIÂNCIA NA HOMOGENEIZAÇÃO DA SÍLICA EM MINÉRIO DE FERRO**. Revista Escola de Minas 63 (2) jun 2010. Recuperado el 19 de agosto de 2022 de: <https://www.scielo.br/j/rem/a/jmS67MB46PvS6Tcf8sLdRnj/?lang=pt>

Muñoz, M. y Rojas, J. (2004) **EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO FPF PARA SIDOR, PUERTO ORDAZ – ESTADO BOLÍVAR**.

Tesis de Grado. Ciudad Bolívar. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, P 116.

Odremán, G (2006). **DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE PILAS DE HOMOGENEIZACIÓN, RECUPERACIÓN Y ALIMENTACIÓN A LA PLANTA DE PELLAS DE C.V.G FERROMINERA ORINOCO, C.A.** Tesis de Grado. Ciudad Bolívar. Universidad De Oriente, Núcleo Bolívar Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra. P 145. (Estudio de variabilidad, antecedentes)

Puerta, D. (2019) **PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA PLANIFICACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD EN UNA MINA AURÍFERA A CIELO ABIERTO EN EL ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de Grado. Caracas. Universidad Central de Venezuela, pp 27-28.

Rodríguez, L. (2001). **ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO GRANULOMÉTRICO DE MENAS DE HIERRO DE BAJO TENOR EN EL PROCESO DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO EN LA PLANTA PILOTO DE CONCENTRACIÓN DE C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A. CIUDAD PIAR, ESTADO BOLÍVAR.** Tesis de Grado. Caracas. Universidad Central de Venezuela, pp32-40.

Véliz, R (2017) **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD *IN-SITU* Y LA DENSIDAD A GRANEL DE LAS PILAS DE FINOS FSF A FIN DE DISMINUIR LOS COSTOS DE OPERACIÓN A LA EMPRESA C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A.** Tesis de Grado. Ciudad Bolívar. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, P99.

APÉNDICES

APÉNDICE A
ESPECIFICACIONES DEL MINERAL DE HIERRO FINO

A.1 Especificaciones del Mineral de Hierro para el Fino Para Sinter Ferrominera

FERRO 5039 REV. 10/11/17	CVG FERROMINERA ORINOCO C.A. ESPECIFICACIONES DE MINERAL DE HIERRO FINO/ FINE IRON ORE SPECIFICATIONS		
	CLIENTES/ CLIENTS:	CÓDIGO DEL PRODUCTO / PRODUCT CODE:	AÑO/YEAR:
PRODUCTO/PRODUCT: FINOS PARA SINTER FERROMINERA/ FERROMINERA SINTER FEED TAMAÑO / SIZE: (0" X 3/8") (0 X 9,53 mm)	C.N/C.I.	FSF	2021
ANÁLISIS QUÍMICO (Base Seca) CHEMICAL ANALYSIS (Dry Basis)	% ESPERADO EXPECTED	% MÁXIMO MAXIMUM	% MÍNIMO MINIMUM
Fe	64,14	NA	62,40
SiO2	3,00	4,20	NA
Al2O3	0,85	1,15	NA
P.P.C./L.O.I.	4,15	4,80	NA
P	0,085	0,100	NA
MnO	0,100	NA	NA
CaO	0,020	NA	NA
MgO	0,030	NA	NA
S	0,015	NA	NA
TiO2	0,120	NA	NA
Fe Nat/Nat. Fe	59,71	NA	NA
H2O (Promedio anual)/(Yearly average)	6,90	NA	NA
OTROS/OTHERS:			
K2O	0,002	NA	NA
Na2O	0,002	NA	NA
GRANULOMETRÍA (Base Seca) SIZE DISTRIBUTION (Dry Basis)	% ESPERADO EXPECTED	% MÁXIMO MAXIMUM	% MÍNIMO MINIMUM
+ 1/2" (+12,7 mm)	NA	NA	NA
+ 3/8" (+ 9,53 mm)	4,00	9,00	NA
+ 1/4" (+ 6,35 mm)	6,00	NA	NA
+ 6 mallas/mesh (+ 3,36 mm)	NA	NA	NA
+ 100 mallas /mesh (+ 149 micrones/microns)	70,00	NA	NA
- 100 mallas/mesh (- 149 micrones /microns)	30,00	NA	NA
- 200 mallas/mesh (-74 micrones/microns)	NA	NA	NA

NA: NO APLICABLE/ NOT APPLICABLE

A.2 Especificaciones del Mineral de Hierro para el Fino San Isidro

FERRO 5039 REV. 10/11/17	CVG FERROMINERA ORINOCO C.A. ESPECIFICACIONES DE MINERAL DE HIERRO FINO/ FINE IRON ORE SPECIFICATIONS		
	CLIENTES/ CLIENTS:	CÓDIGO DEL PRODUCTO / PRODUCT CODE:	AÑO/YEAR:
PRODUCTO/PRODUCT: FINOS PARA SINTER FERROMINERA/ FERROMINERA SINTER FEED TAMAÑO / SIZE: (0" X 3/8") (0 X 9,53 mm)	C.N/C.I.	FSI	2021
ANÁLISIS QUÍMICO (Base Seca) CHEMICAL ANALYSIS (Dry Basis)	% ESPERADO EXPECTED	% MÁXIMO MAXIMUM	% MÍNIMO MINIMUM
Fe	64,59	NA	63,07
SiO2	2,00	3,00	NA
Al2O3	0,85	1,10	NA
P.P.C./L.O.I.	4,50	5,30	NA
P	0,085	0,098	NA
MnO	0,100	0,200	NA
CaO	0,020	NA	NA
MgO	0,030	0,040	NA
S	0,015	0,025	NA
TiO2	0,120	NA	NA
Fe Nat/Nat. Fe	60,07	NA	NA
H2O (Promedio anual)/(Yearly average)	7,00	NA	NA
OTROS/OTHERS:			
K2O	0,002	NA	NA
Na2O	0,002	NA	NA
GRANULOMETRÍA (Base Seca) SIZE DISTRIBUTION (Dry Basis)	% ESPERADO EXPECTED	% MÁXIMO MAXIMUM	% MÍNIMO MINIMUM
+ 1/2" (+12,7 mm)	NA	NA	NA
+ 3/8" (+ 9,53 mm)	5,00	9,00	NA
+ 1/4" (+ 6,35 mm)	6,00	NA	NA
+ 6 mallas/mesh (+ 3,36 mm)	NA	NA	NA
+ 100 mallas /mesh (+ 149 micrones/microns)	70,00	NA	NA
- 100 mallas/mesh (- 149 micrones /microns)	20,00	30,00	NA
- 200 mallas/mesh (-74 micrones/microns)	NA	NA	NA

NA: NO APLICABLE/ NOT APPLICABLE

A.3 Especificaciones del Mineral de Hierro para el Fino Para Pella Ferrominera

FERRO 5039 REV. 10/11/17	CVG FERROMINERA ORINOCO C.A. ESPECIFICACIONES DE MINERAL DE HIERRO FINO/ FINE IRON ORE SPECIFICATIONS		
	CLIENTES/ CLIENTS:	CÓDIGO DEL PRODUCTO / PRODUCT CODE:	AÑO/YEAR:
PRODUCTO/PRODUCT: FINOS PARA SINTER FERROMINERA/ FERROMINERA SINTER FEED TAMAÑO / SIZE: (0" X 3/8") (0 X 9,53 mm)	C.N/C.I.	FPF	2021
ANÁLISIS QUÍMICO (Base Seca) CHEMICAL ANALYSIS (Dry Basis)	% ESPERADO EXPECTED	% MÁXIMO MAXIMUM	% MÍNIMO MINIMUM
Fe	64,74	NA	63,42
SiO2	2,50	3,30	NA
Al2O3	0,85	1,10	NA
P.P.C./L.O.I.	3,80	4,50	NA
P	0,080	0,095	NA
MnO	0,100	2,00	NA
CaO	0,020	NA	NA
MgO	0,030	0,040	NA
S	0,015	0,025	NA
TiO2	0,120	NA	NA
Fe Nat/Nat. Fe	60,21	NA	NA
H2O (Promedio anual)/(Yearly average)	7,00	NA	NA
OTROS/OTHERS:			
K2O	0,002	NA	NA
Na2O	0,002	NA	NA
GRANULOMETRÍA (Base Seca) SIZE DISTRIBUTION (Dry Basis)	% ESPERADO EXPECTED	% MÁXIMO MAXIMUM	% MÍNIMO MINIMUM
+ 1/2" (+12,7 mm)	NA	NA	NA
+ 3/8" (+ 9,53 mm)	5,00	9,00	NA
+ 1/4" (+ 6,35 mm)	6,00	NA	NA
+ 6 mallas/mesh (+ 3,36 mm)	NA	NA	NA
+ 100 mallas /mesh (+ 149 micrones/microns)	70,00	NA	NA
- 100 mallas/mesh (- 149 micrones /microns)	30,00	NA	NA
- 200 mallas/mesh (-74 micrones/microns)	NA	NA	NA

NA: NO APLICABLE/ NOT APPLICABLE

APÉNDICE B
RESUMEN DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA
DE LAS PILAS DE HOMOGENEIZACIÓN

B.1 Resumen de los datos del Volteo de la Pila 06 PHD 01/22 de FPF

	%SiO₂	%PPC	%P	%H₂O
PROMEDIO	2,00	2,95	0,074	7,24
PROMEDIO PONDERADO	1,94	2,92	0,073	7,21
MEDIANA	2,08	3,11	0,077	7,37
MODA	1,16	3,36	0,082	7,50
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,63	0,44	0,009	1,01
VALOR MÁXIMO	2,95	3,86	0,087	9,86
VALOR MÍNIMO	1,04	2,00	0,054	5,45
RANGO	1,91	1,86	0,03	4,41
VARIANZA	0,3827	0,1832	0,0001	0,9849

B.2 Resumen de los datos del despacho de la pila 06 PHD 01/22 de FPF

	%PPC	%H₂O	%3/8"
PROMEDIO	3,26	7,17	4,90
PROMEDIO PONDERADO	3,27	7,29	5,03
MEDIANA	3,32	7,04	4,30
MODA	#N/A	#N/A	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,83	1,57	1,53
VALOR MÁXIMO	5,13	9,71	10,59
VALOR MÍNIMO	2,13	4,78	1,45
RANGO	3,00	4,93	9,14
VARIANZA	0,65	2,33	2,20

B.3 Resumen de los datos del volteo de la pila 08PHD01/22 de FPF

	%SiO₂	%PPC	%P	%H₂O
PROMEDIO	1,52	3,45	0,076	8,01
PROMEDIO PONDERADO	1,57	3,45	0,077	7,99
MEDIANA	1,38	3,31	0,076	7,94
MODA	1,35	3,31	0,072	8,30
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,28	0,26	0,005	0,53
VALOR MÁXIMO	2,06	3,95	0,081	8,80
VALOR MÍNIMO	1,35	3,30	0,071	7,54
RANGO	0,71	0,65	0,01	1,26
VARIANZA	0,0652	0,0565	0,0000	0,2379

B.4 Resumen de los datos del despacho de la pila 08PHD01/22 de FPF

	%PPC	%H₂O	%3/8"
PROMEDIO	3,69	7,65	6,44
PROMEDIO PONDERADO	3,59	7,56	6,54
MEDIANA	3,41	7,86	6,17
MODA	3,68	#N/A	0,00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,99	1,25	2,09
VALOR MÁXIMO	5,86	9,52	8,57
VALOR MÍNIMO	1,75	4,39	0,19
RANGO	4,11	5,13	8,38
VARIANZA	0,95	1,50	4,21

B.5 Resumen de los datos del volteo de la pila 08PHD02/22 de FPF

	%SiO₂	%PPC	%P	%H₂O
PROMEDIO	1,51	3,44	0,083	7,19
PROMEDIO PONDERADO	1,45	3,45	0,083	7,12
MEDIANA	1,43	3,24	0,080	7,30
MODA	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,60	0,37	0,004	1,15
VALOR MÁXIMO	2,67	4,11	0,090	8,54
VALOR MÍNIMO	0,85	3,17	0,079	5,80
RANGO	1,82	0,94	0,01	2,75
VARIANZA	0,3040	0,1189	0,0000	1,14

B.6 Resumen de los datos del despacho de la pila 08PHD02/22 de FPF

	%PPC	%H₂O	%3/8"
PROMEDIO	3,38	7,97	7,39
PROMEDIO PONDERADO	3,36	7,96	7,18
MEDIANA	3,21	7,97	5,86
MODA	2,86	8,92	0,00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,82	0,97	2,82
VALOR MÁXIMO	4,92	10,66	17,54
VALOR MÍNIMO	2,01	5,13	0,96
RANGO	2,91	5,53	16,58
VARIANZA	0,66	0,90	8,60

B.7 Resumen de los datos del volteo de la pila 04PHC01/22 de FSI

	SiO₂	%PPC	%P	%H₂O
PROMEDIO	1,81	3,35	0,078	7,99
PROMEDIO PONDERADO	1,87	3,31	0,076	8,19
MEDIANA	1,76	3,26	0,079	8,55
MODA	1,50	3,41	0,081	9,43
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,47	1,05	0,016	1,69
VALOR MÁXIMO	2,51	5,85	0,111	10,70
VALOR MÍNIMO	1,08	1,91	0,045	4,94
RANGO	1,43	3,94	0,066	5,76
VARIANZA	0,21	1,06	0,000	2,75

B.8 Resumen de los datos del apilado de la pila 04PHC01/22 de FSI

	SiO₂	%P	%PPC	%H₂O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	1,18	0,069	3,42	7,81	4,90	3,81
MEDIANA	1,17	0,067	3,36	8,17	5,22	3,56
MODA	#N/A	0,059	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,56	0,011	0,60	1,84	2,21	1,67
VALOR MÁXIMO	2,02	0,085	4,57	10,04	8,56	6,89
VALOR MÍNIMO	0,44	0,059	2,46	3,58	2,08	1,39
RANGO	1,58	0,026	2,11	6,46	6,48	5,50
VARIANZA	0,31	0,000	0,36	3,39	4,87	2,77

B.9 Resumen de los datos del despacho de la pila 04PHC01/22 de FSI

	%PPC	%H₂O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	3,23	7,84	2,48	3,96
PROMEDIO PONDERADO	3,23	7,89	2,39	3,91
MEDIANA	3,22	7,38	2,07	2,92
MODA	#N/A	#N/A	0,00	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,30	0,80	2,64	1,65
VALOR MÁXIMO	3,70	9,03	7,41	6,67
VALOR MÍNIMO	2,79	7,11	0,00	2,55
RANGO	0,91	1,92	7,41	4,12
VARIANZA	0,08	0,54	5,98	2,33

B.10 Resumen de los datos del volteo de la pila 07PHC01/22 de FSI

	SiO₂	%P	%PPC	%H₂O
PROMEDIO	1,14	4,37	0,094	7,66
PROMEDIO PONDERADO	1,12	4,41	0,095	7,62
MEDIANA	1,14	4,64	0,096	7,58
MODA	0,79	5,18	0,081	8,66
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,29	1,01	0,012	0,90
VALOR MÁXIMO	1,91	5,54	0,112	9,31
VALOR MÍNIMO	0,79	1,18	0,063	6,18
RANGO	1,12	4,36	0,05	3,13
VARIANZA	0,0834	0,9822	0,0001	0,7787

B.11 Resumen de los datos del apilado de la pila 07PHC01/22 de FSI

	%PPC	%H₂O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	4,73	7,98	6,29	6,02
MEDIANA	4,67	8,14	6,56	5,85
MODA	4,62	#N/A	#N/A	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,58	0,61	3,77	2,04
VALOR MÁXIMO	6,02	8,90	15,40	9,81
VALOR MÍNIMO	1,29	5,51	0,27	0,00
RANGO	4,73	3,39	15,13	9,81
VARIANZA	0,34	0,37	14,23	4,15

B.12 Resumen de los datos del despacho de la pila 07PHC01/22 de FSI

	SiO₂	%H₂O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	5,16	7,99	3,88	4,21
PROMEDIO PONDERADO	5,17	8,02	3,98	4,23
MEDIANA	5,18	8,12	3,19	3,87
MODA	5,59	8,25	#N/A	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,51	0,47	2,69	1,86
VALOR MÁXIMO	5,79	8,50	9,55	8,17
VALOR MÍNIMO	4,20	6,48	1,01	1,04
RANGO	1,59	2,02	8,54	7,13
VARIANZA	0,24	0,21	6,78	3,26

B.13 Resumen de los datos del apilado de la pila 07PHC02/22 de FSI

	%PPC	%H₂O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	4,66	8,46	3,77	3,80
MEDIANA	4,59	8,41	2,95	3,52
MODA	#N/A	8,52	0,00	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,85	0,73	3,06	2,35
VALOR MÁXIMO	6,14	10,99	10,46	10,05
VALOR MÍNIMO	3,34	7,32	0,00	0,76
RANGO	2,80	3,67	10,46	9,29
VARIANZA	0,73	0,53	9,36	5,51

B.14 Resumen de los datos del despacho de la pila 07PHC02/22 de FSI

	%PPC	%H₂O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	4,40	8,43	2,05	2,90
PROMEDIO PONDERADO	4,38	8,46	1,97	2,79
MEDIANA	4,53	8,44	1,63	3,32
MODA	3,52	8,65	0,00	0,25
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,45	0,53	1,79	2,06
VALOR MÁXIMO	4,99	9,67	5,69	6,35
VALOR MÍNIMO	3,52	7,43	0,00	0,00
RANGO	1,47	2,24	5,69	6,35
VARIANZA	0,19	0,26	3,04	3,99

B.15 Resumen de los datos del volteo de la pila 05PHB01/22 de FSF

	%SiO₂	%PPC	%P	%H₂O
PROMEDIO	2,04	3,33	0,079	7,88
PROMEDIO PONDERADO	2,09	3,32	0,079	7,89
MEDIANA	1,84	3,30	0,080	7,74
MODA	1,60	2,10	0,080	7,61
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,63	0,83	0,011	1,21
VALOR MÁXIMO	3,47	5,90	0,112	9,90
VALOR MÍNIMO	0,90	1,75	0,059	4,94
RANGO	2,57	4,15	0,05	4,96
VARIANZA	0,3915	0,6834	0,0001	1,4435

B.16 Resumen de los datos del apilado de la pila 05PHB01/22 de FSF

	%SiO2	%P	%PPC	%H2O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	1,54	0,075	3,319	7,705	4,552	4,682
MEDIANA	1,35	0,07	3,24	7,78	3,08	3,87
MODA	#N/A	0,07	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,66	0,01	0,89	1,16	3,39	2,93
VALOR MÁXIMO	3,19	0,10	5,26	9,24	12,84	10,69
VALOR MÍNIMO	0,69	0,06	1,29	5,51	0,27	0,00
RANGO	2,50	0,04	3,97	3,73	12,57	10,69
VARIANZA	0,44	0,00	0,79	1,35	11,51	8,57

B.17 Resumen de los datos del despacho de la pila 05PHB01/22 de FSF

	SiO2	%P	%PPC	%H2O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	2,54	0,06	3,36	6,24	3,43	4,17
PROMEDIO PONDERADO	0,93	0,02	3,40	6,29	3,44	4,27
MEDIANA	2,07	0,07	3,04	6,29	3,95	3,98
MODA	2,07	0,07	3,72	#N/A	#N/A	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,93	0,01	0,79	1,32	1,78	1,31
VALOR MÁXIMO	4,20	0,07	4,81	7,94	6,12	5,95
VALOR MÍNIMO	2,07	0,05	2,32	4,04	0,65	1,59
RANGO	2,13	0,02	2,49	3,90	5,47	4,36
VARIANZA	0,70	0,00	0,57	1,61	2,91	1,58

B.18 Resumen de los datos del volteo de la pila 06PHB01/22 de FSF

	%SiO2	%PPC	%P	%H2O
PROMEDIO	1,74	3,23	0,080	6,83
PROMEDIO PONDERADO	1,70	3,24	0,080	6,64
MEDIANA	1,63	3,22	0,080	6,70
MODA	1,78	2,68	0,079	8,99
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,59	0,35	0,004	1,29
VALOR MÁXIMO	3,21	4,01	0,089	9,86
VALOR MÍNIMO	1,00	2,62	0,072	4,53
RANGO	2,22	1,40	0,02	5,33
VARIANZA	0,3461	0,1222	0,0000	1,6379

B.19 Resumen de los datos del apilado de la pila 06PHB01/22 de FSF

	%PPC	%H₂O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	3,53	6,81	3,40	4,33
MEDIANA	3,57	7,11	3,05	3,40
MODA	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,80	1,27	2,46	2,42
VALOR MÁXIMO	4,71	8,36	11,11	9,69
VALOR MÍNIMO	1,86	4,81	0,67	0,99
RANGO	2,85	3,55	10,44	8,70
VARIANZA	0,64	1,62	6,07	5,86

B.20 Resumen de los datos del despacho de la pila 06PHB01/22 de FSF

	SiO₂	%P	%PPC	%H₂O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	1,49	0,06	3,35	7,73	3,52	3,28
PROMEDIO PONDERADO	0,31	0,01	3,32	7,73	3,30	3,26
MEDIANA	1,49	0,06	3,39	7,83	3,35	3,46
MODA	1,14	0,07	3,96	7,82	0,00	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,40	0,00	0,64	0,91	2,74	1,41
VALOR MÁXIMO	1,84	0,07	4,18	9,48	9,52	5,61
VALOR MÍNIMO	1,14	0,06	2,38	5,99	0,00	0,00
RANGO	0,70	0,01	1,80	3,49	9,52	5,61
VARIANZA	0,12	0,00	0,38	0,78	7,02	1,85

B.21 Resumen de los datos del volteo de la pila 08PHB01/22 de FSF

	%SiO₂	%PPC	%P	%H₂O
PROMEDIO	2,00	3,01	0,076	6,81
PROMEDIO PONDERADO	2,04	2,98	0,076	6,86
MEDIANA	1,70	3,15	0,079	6,38
MODA	1,83	3,31	0,081	5,90
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,76	0,38	0,006	1,06
VALOR MÁXIMO	3,44	3,33	0,081	8,54
VALOR MÍNIMO	1,14	2,31	0,062	5,90
RANGO	2,30	1,02	0,02	2,64
VARIANZA	0,5149	0,1299	0,0000	1,0187

B.22 Resumen de los datos del apilado de la pila 08PHB01/22 de FSF

	%PPC	%H₂O	%1/2"	%3/8"
PROMEDIO	3,49	8,00	4,26	5,02
MEDIANA	3,40	8,08	3,52	5,08
MODA	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,98	0,59	2,78	1,87
VALOR MÁXIMO	5,90	9,00	9,70	8,40
VALOR MÍNIMO	2,14	6,91	0,57	2,39
RANGO	3,76	2,09	9,13	6,01
VARIANZA	0,96	0,35	7,72	3,49

B.23 Resumen de los datos del despacho de la pila 08PHB01/22 de FSF

	%PPC	%H₂O	%1/2	%3/8
PROMEDIO	3,54	7,65	2,82	3,79
PROMEDIO PONDERADO	3,57	7,67	2,83	3,77
MEDIANA	3,46	7,87	2,39	3,51
MODA	2,28	#N/A	0,00	#N/A
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,72	1,00	2,66	1,54
VALOR MÁXIMO	5,40	9,15	9,71	7,63
VALOR MÍNIMO	2,28	5,76	0,00	0,82
RANGO	3,12	3,39	9,71	6,81
VARIANZA	0,49	0,94	6,73	2,26

APÉNDICE C
PROMEDIOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD
ARROJADOS POR EL DASHBOARD

C.1 Promedios %H2O

Fila	MINA	APILADO	DESPACHO	Total general
04 PHC 01/22			7,84	7,84
05 PHB 01/22	7,88	7,71	6,24	7,67
06 PHB 01/22	6,83	6,81	7,73	6,99
06 PHD 01/22	7,24		7,17	7,21
07 PHC 01/22	7,66	7,98	7,99	7,82
07 PHC 02/22		8,46	8,43	8,45
08 PHB 01/22	6,81	8,00	7,65	7,59
08 PHD 01/22	8,01		7,65	7,71
08 PHD 02/22	7,19		7,97	7,81
Total general	7,28	8,07	7,67	7,59

C.2 Promedio %SiO2

Fila	MINA	APILADO	DESPACHO	Total general
04 PHC 01	1,81	1,18		
05 PHB 01/22	2,04	1,54	2,54	2,00
06 PHB 01/22	1,74		1,49	1,72
06 PHD 01/22	2,00			2,00
07 PHC 01/22	1,14			1,14
08 PHB 01/22	2,00			2,00
08 PHD 01/22	1,52			1,52
08 PHD 02/22	1,51			1,51
Total general	1,74	1,54	2,07	1,74

C.3 Promedio %P

Fila	MINA	APILADO	DESPACHO	Total general
04 PHC 01/22	0,078	0,067		
05 PHB 01/22	0,079	0,075	0,062	0,078
06 PHB 01/22	0,080		0,064	0,079
06 PHD 01/22	0,074			0,074
07 PHC 01/22	0,094			0,094
08 PHB 01/22	0,076			0,076
08 PHD 01/22	0,076			0,076
08 PHD 02/22	0,083			0,083
Total general	0,082	0,075	0,063	0,081

C.4 Promedio %PPC

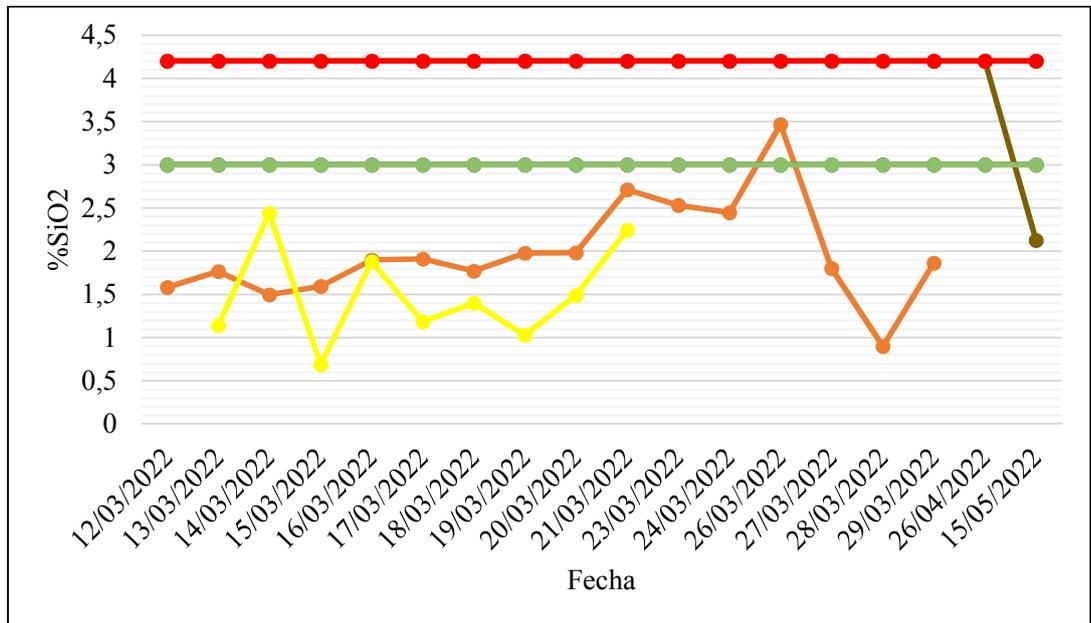
Fila	MINA	APILADO	DESPACHO	Total general
04 PHC 01/22	3,35	3,42	3,23	3,23
05 PHB 01/22	3,33	3,32	3,36	3,33
06 PHB 01/22	3,23	3,53	3,35	3,31
06 PHD 01/22	2,95		3,26	3,07
07 PHC 01/22	4,37	4,73	5,16	4,67
07 PHC 02/22		4,66	4,40	4,54
08 PHB 01/22	3,01	3,49	3,54	3,41
08 PHD 01/22	3,45		3,69	3,65
08 PHD 02/22	3,44		3,38	3,39
Total general	3,46	4,05	3,71	3,68

C.5 Promedio %3/8”

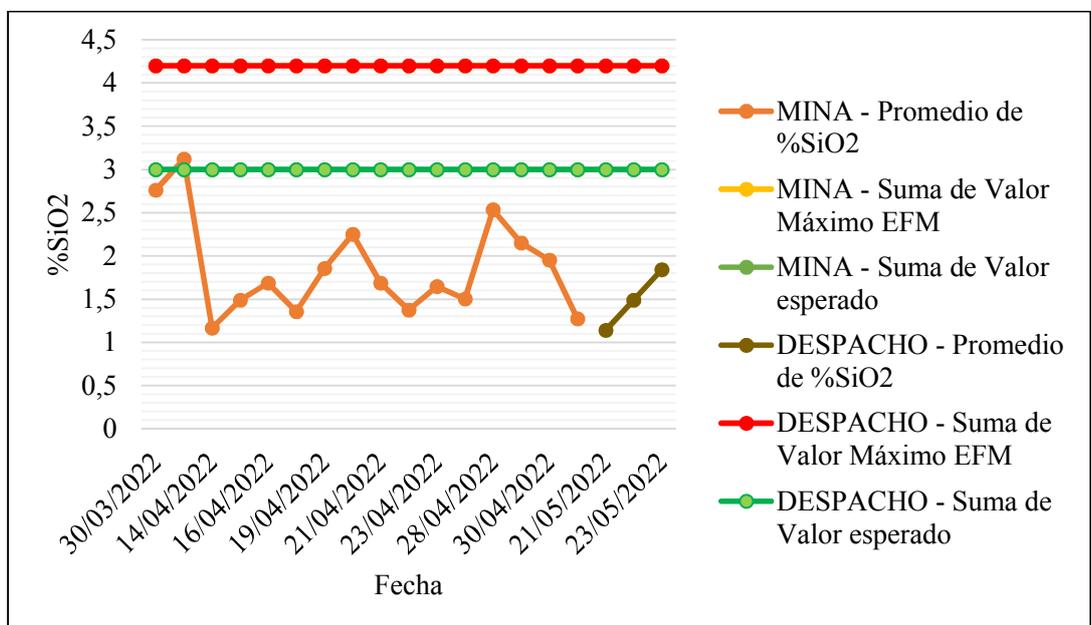
Fila	MINA	APILADO	DESPACHO	Total general
04 PHC 01/22	0,00	13,09	16,27	21,70
05 PHB 01/22		28,83	7,88	19,84
06 PHB 01/22		17,25	11,79	14,37
06 PHD 01/22			6,95	6,95
07 PHC 01/22		24,78	17,60	24,98
07 PHC 02/22		23,60	11,57	19,19
08 PHB 01/22		15,90	12,03	15,15
08 PHD 01/22			14,17	14,17
08 PHD 02/22			26,23	26,23
Total general	0,00	25,58	14,94	22,64

APÉNDICE D
GRÁFICOS DE CONTROL POR PILAS

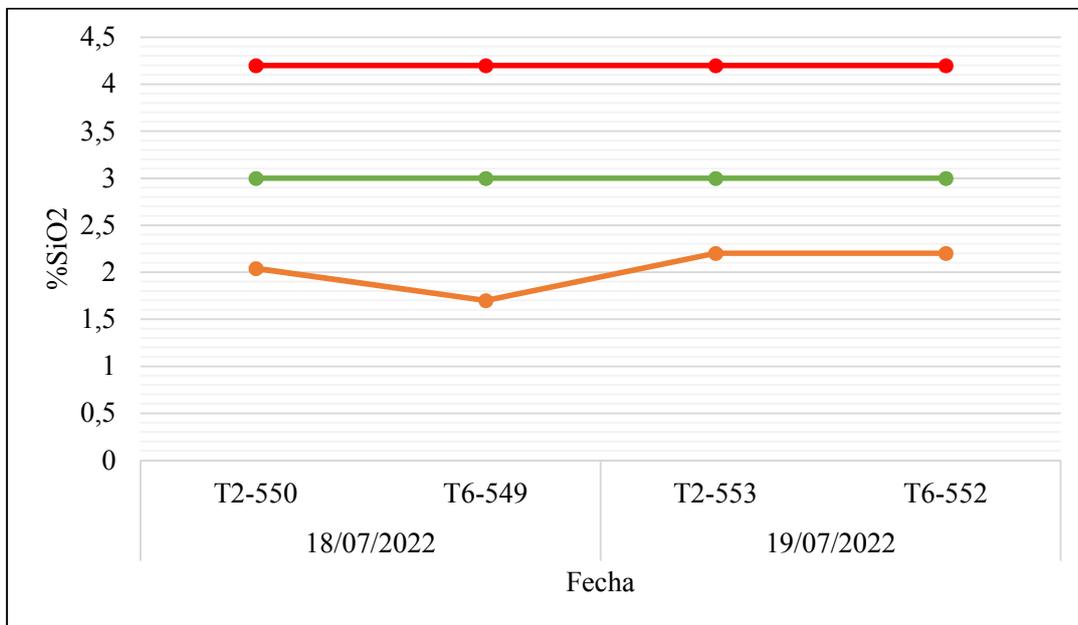
D.1 Gráfico de control para el sílice de la pila 05PHB01



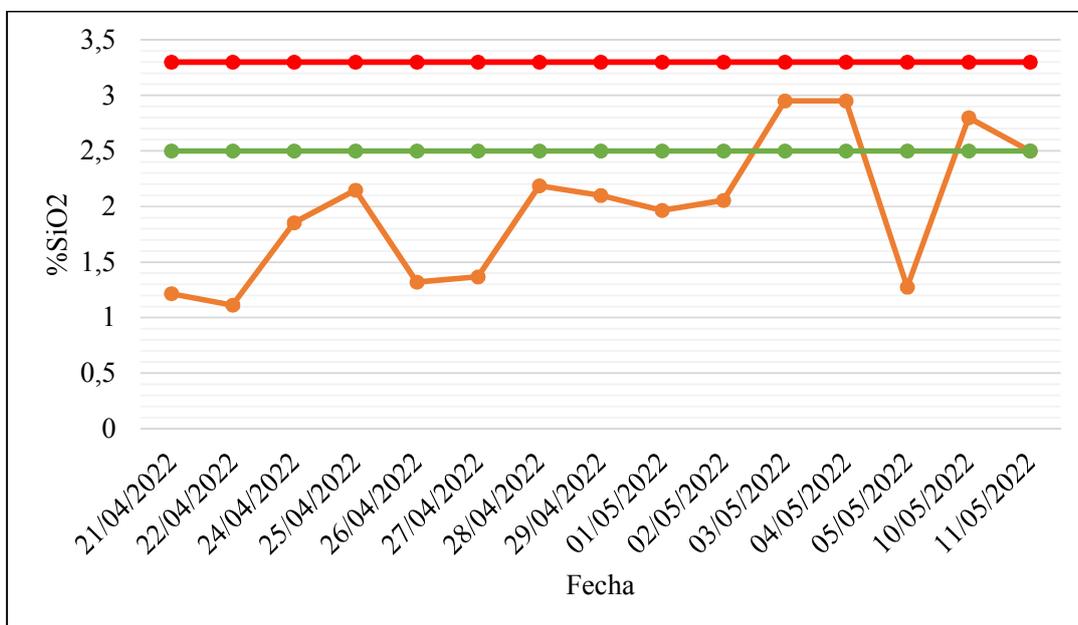
D.2 Gráfico de control para el sílice de pila 06PHB01/22



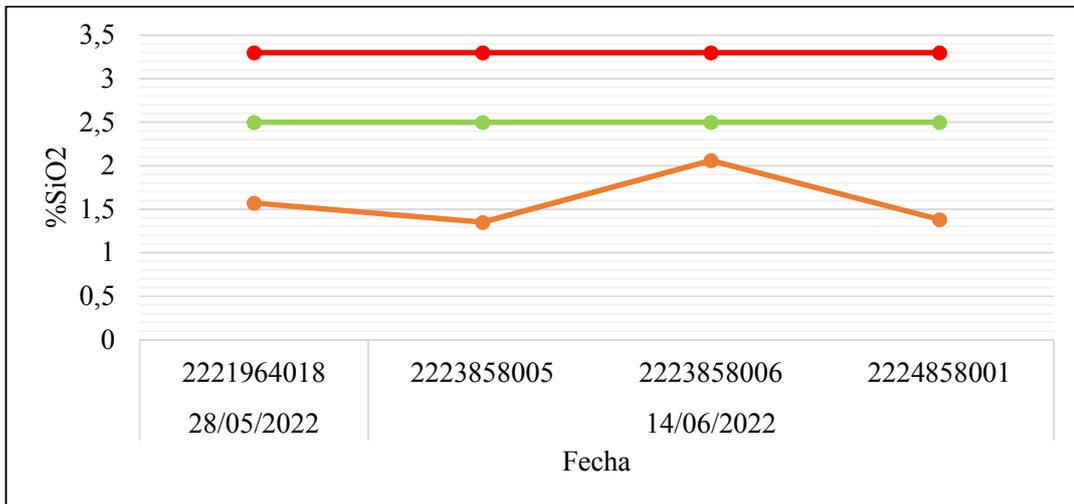
D.3 Gráfico de control para el sílice de pila 08 PHB 02/22



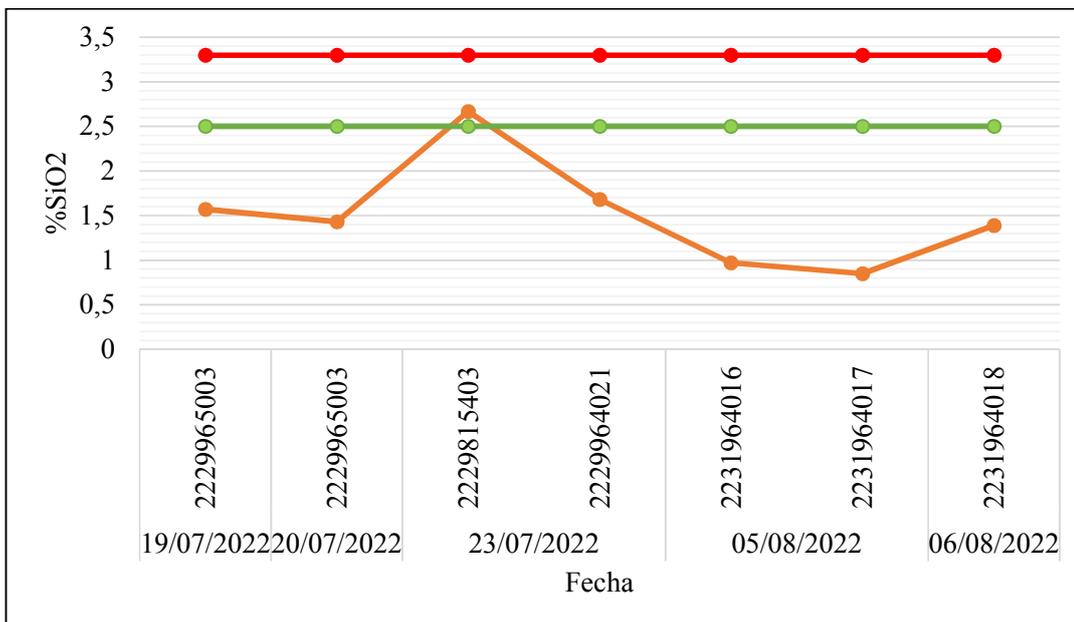
D.4 Gráfico de control para el sílice de pila 06PHD01



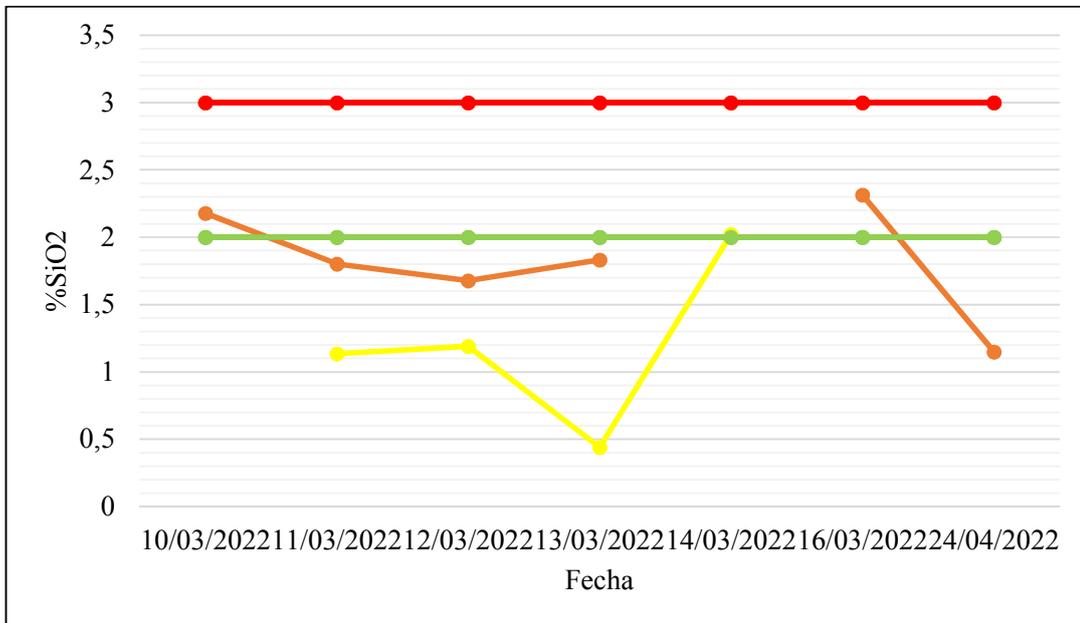
D.5 Gráfico de control para el sílice de pila 08PHD01/22



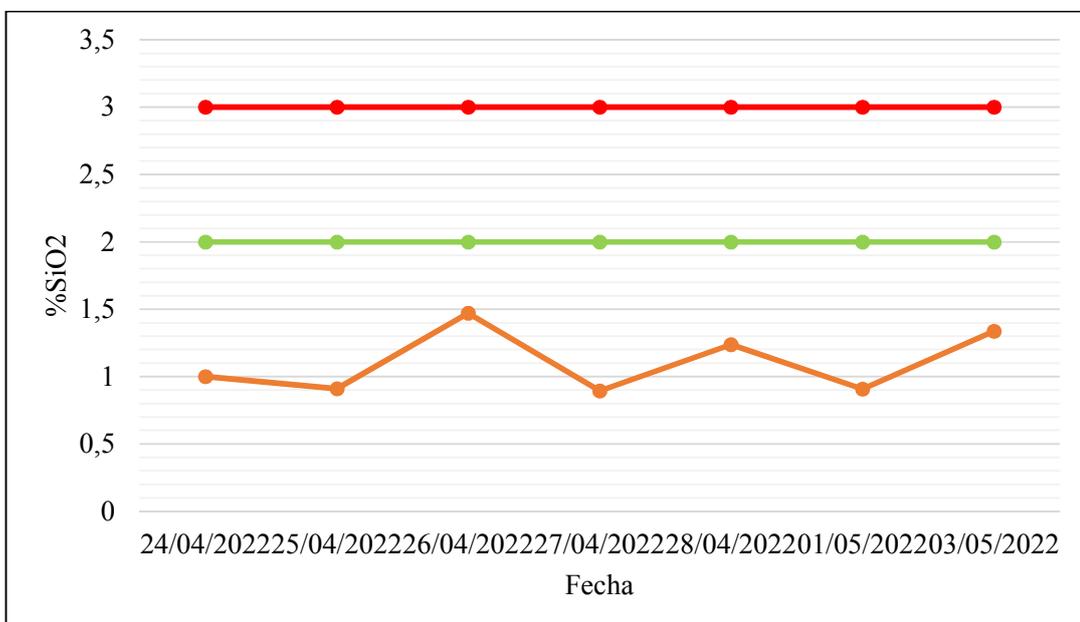
D.6 Gráfico de control para el sílice de pila 08PHD02/22



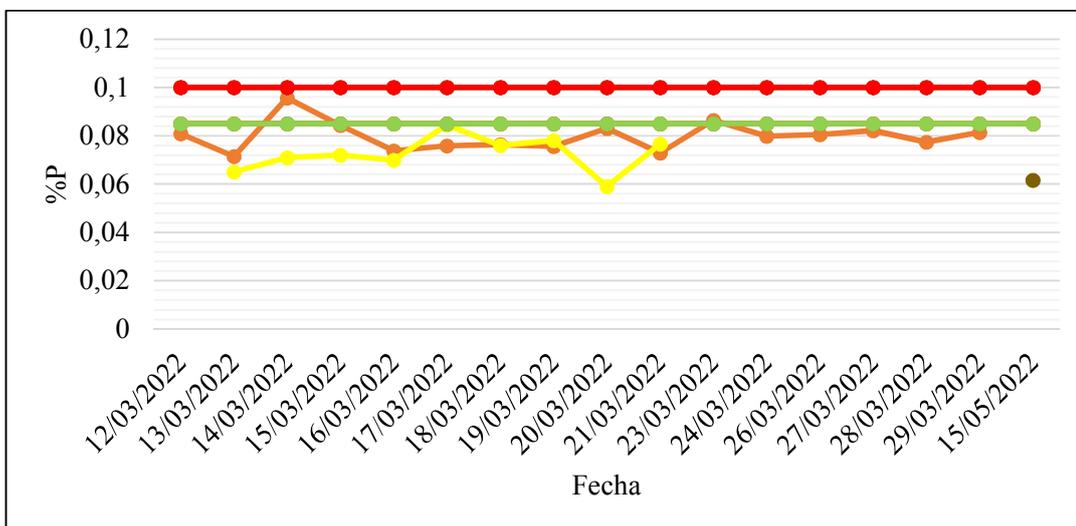
D.7 Gráfico de control para el sílice de pila 04PHC01/22



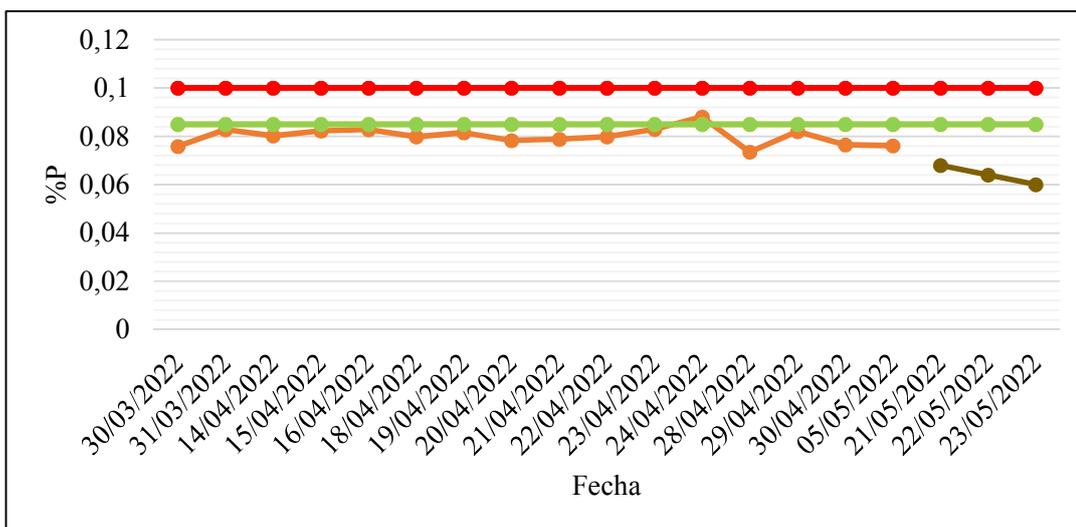
D.8 Gráfico de control para el sílice de pila 07PHC01/22



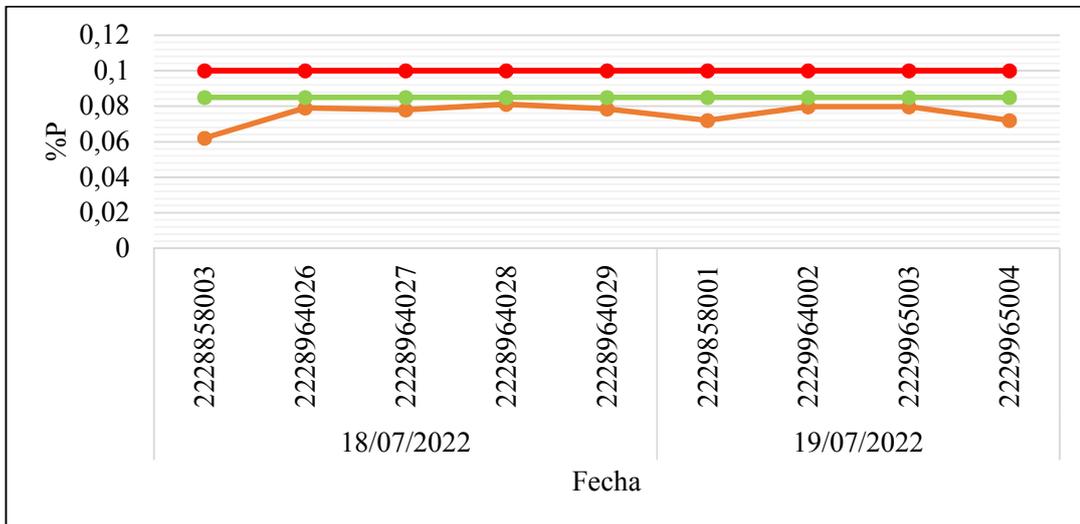
D.9 Gráfico de control para el fósforo de pila 05PHB01



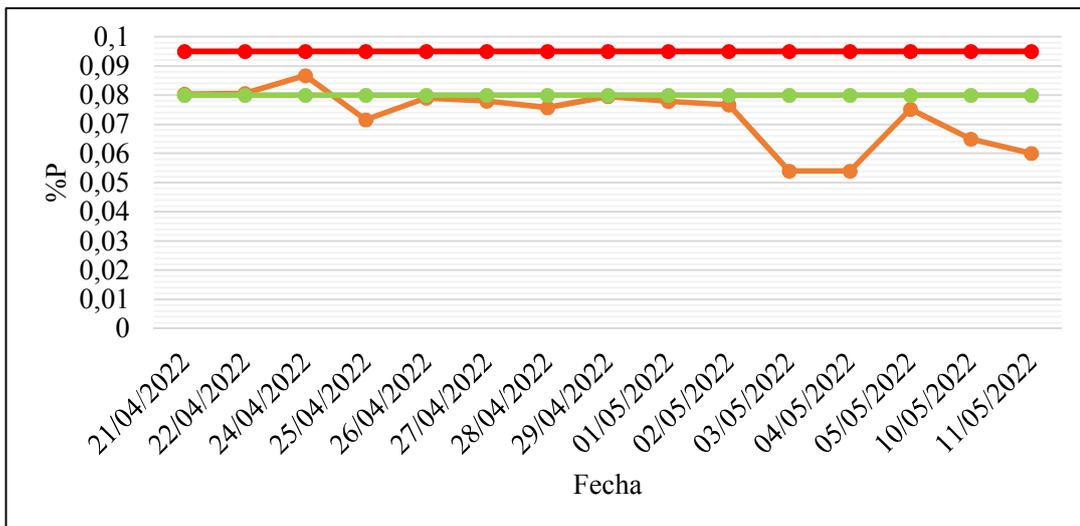
D.10 Gráfico de control para el fósforo de pila 06PHB01/22



D.11 Gráfico de control para el fósforo de pila 08PHB 01/22



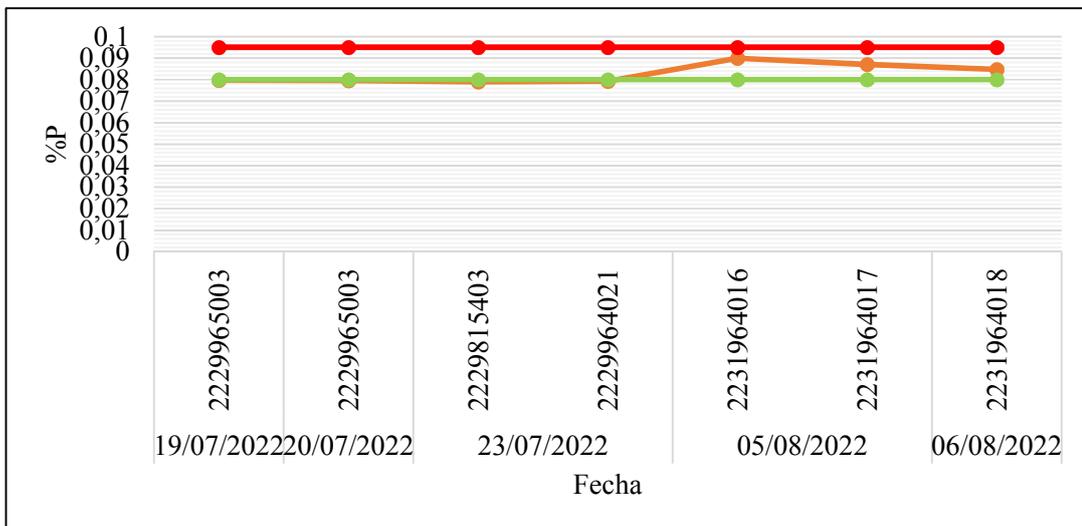
D.12 Gráfico de control para el fósforo de pila 06 PHD01



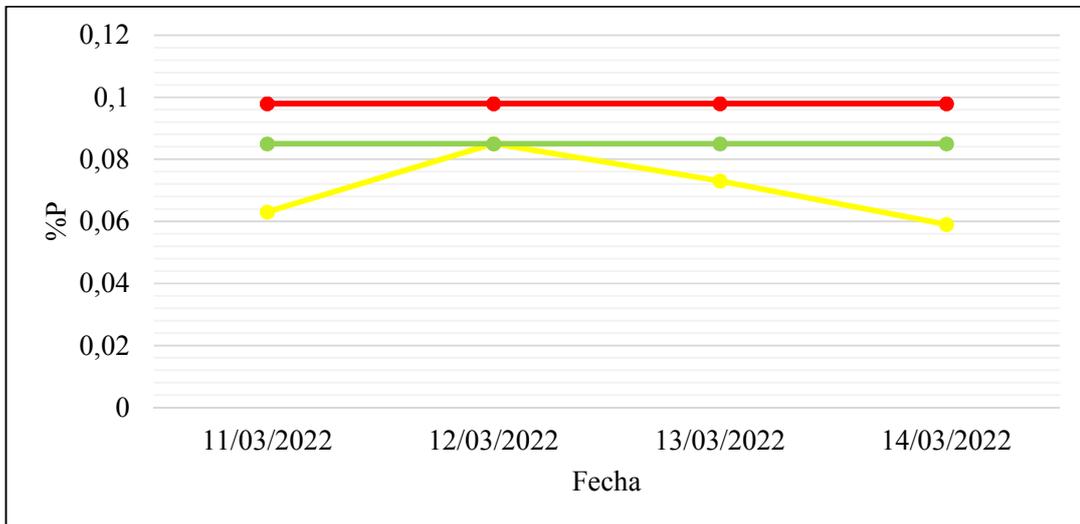
D.13 Gráfico de control para el fósforo de pila 08PHD01/22



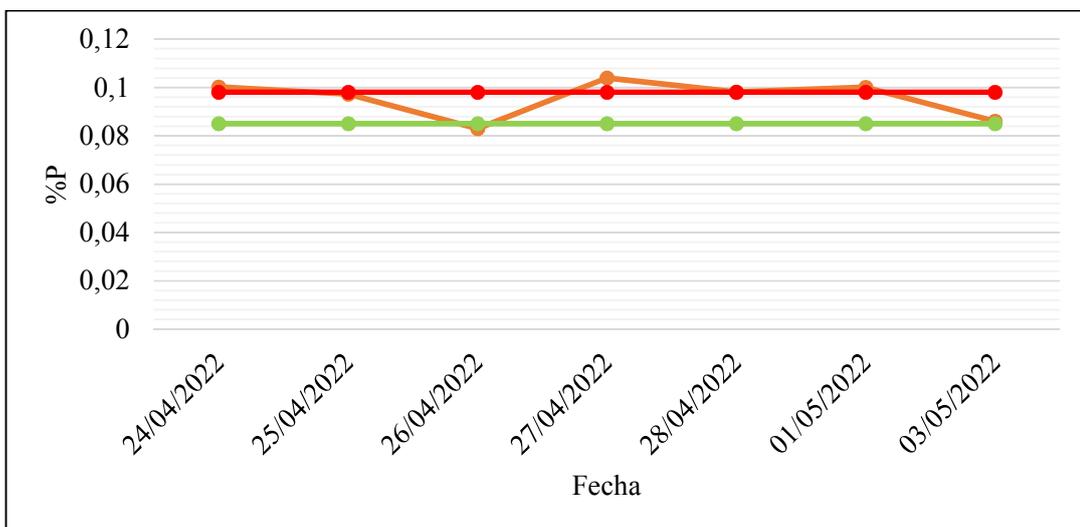
D.14 Gráfico de control para el fósforo de pila 08PHD02/22



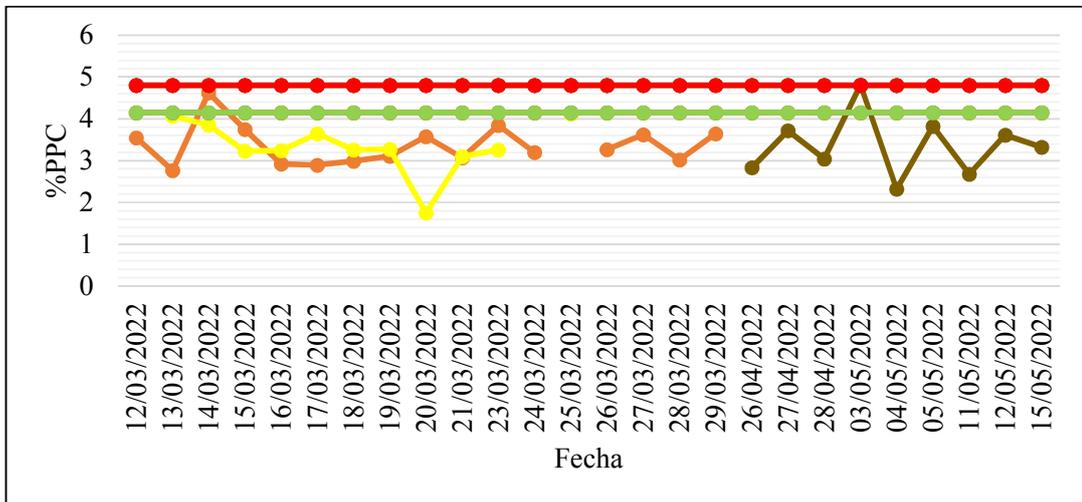
D.15 Gráfico de control para el fósforo de pila 04PHC01/22



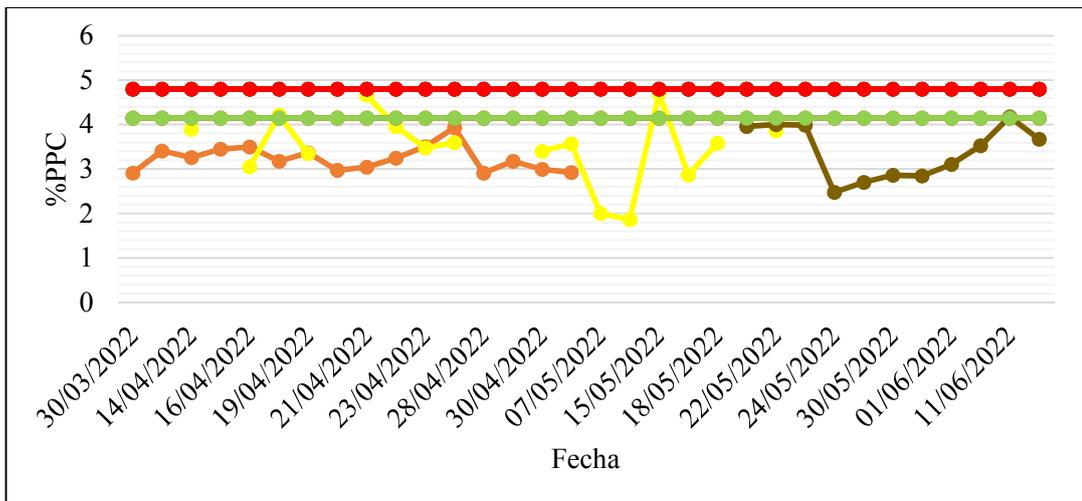
D.16 Gráfico de control para el fósforo de pila 07PHC01/22



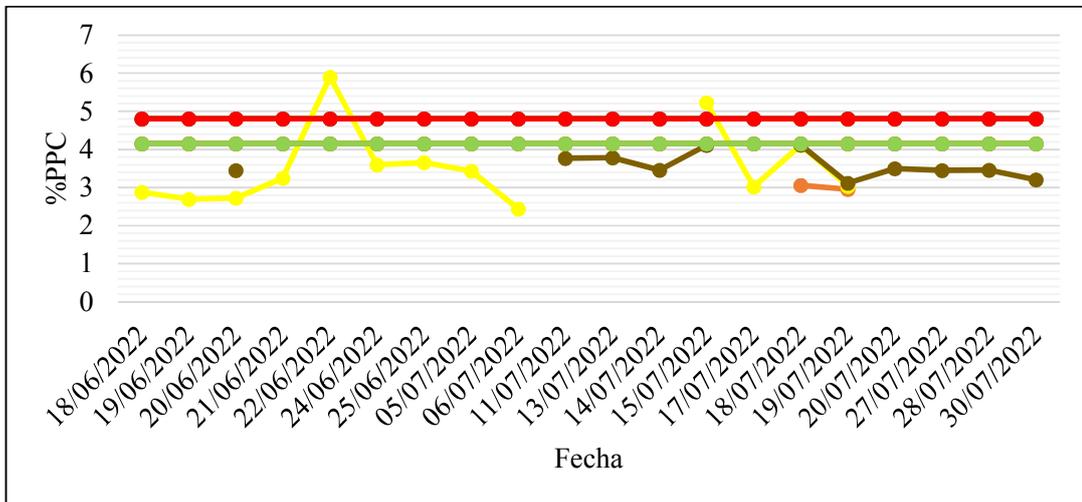
D.17 Gráfico de control para la PPC de pila 05PHB01



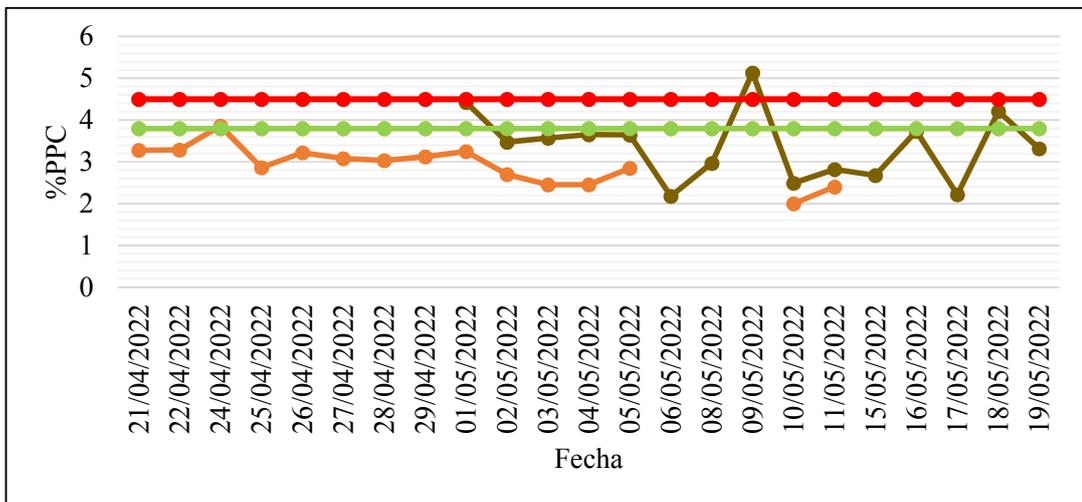
D.18 Gráfico de control para la PPC de pila 06PHB01/22



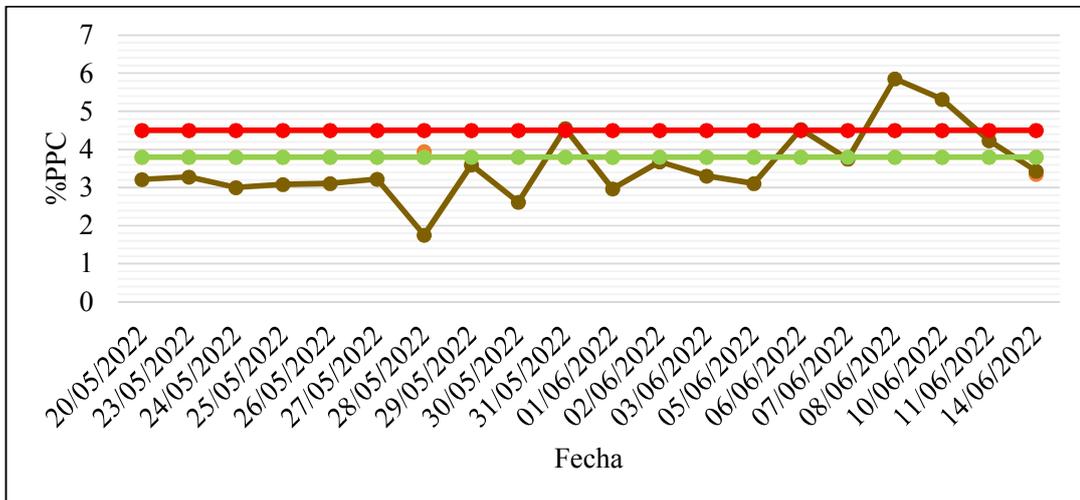
D.19 Gráfico de control para la PPC de pila 08 PHB 01/22



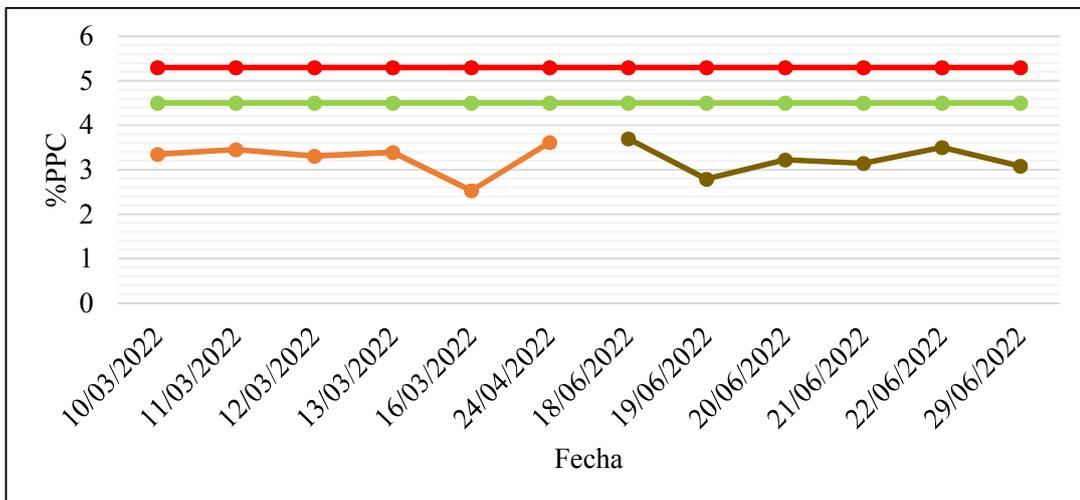
D.20 Gráfico de control para la PPC de pila 06 PHD01



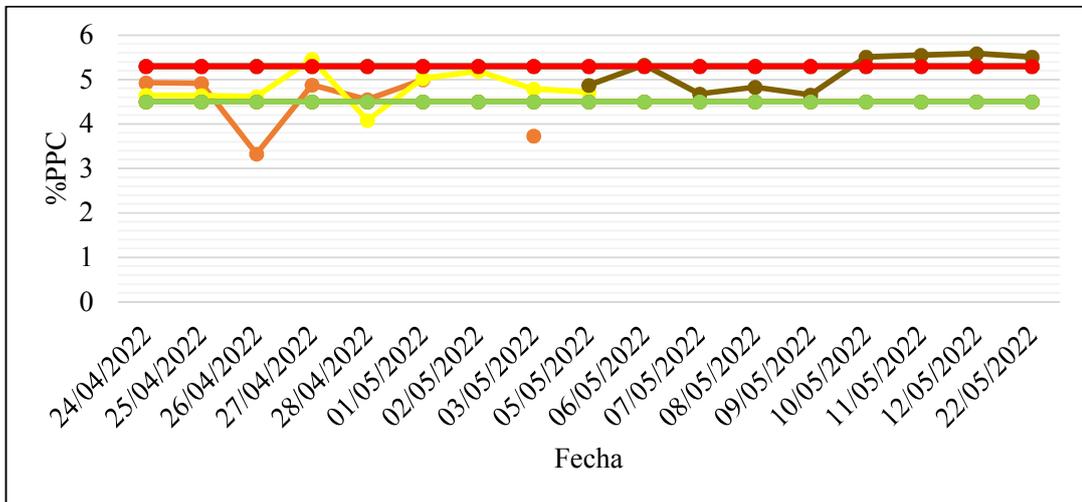
D.21 Gráfico de control para la PPC de pila 08PHD01/22



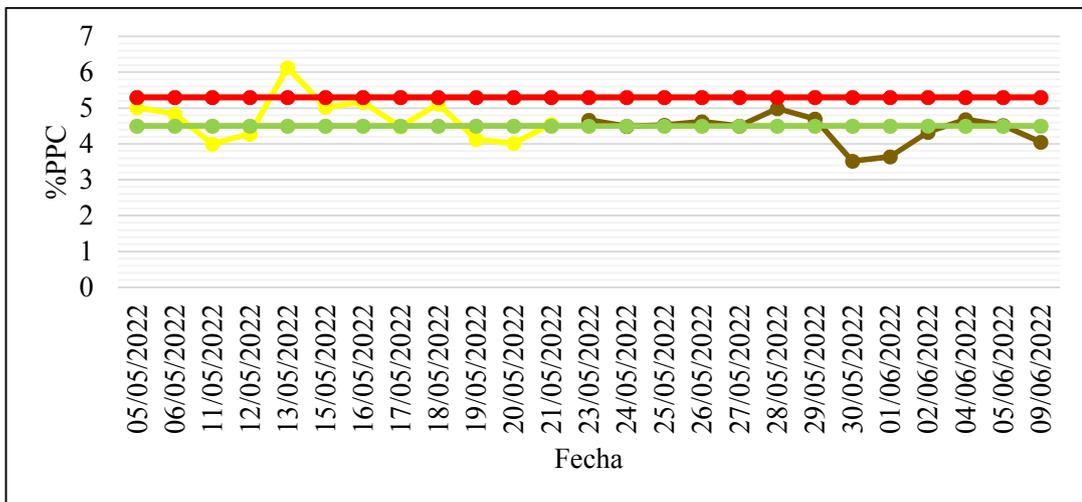
D.22 Gráfico de control para la PPC de pila 04PHC01/22



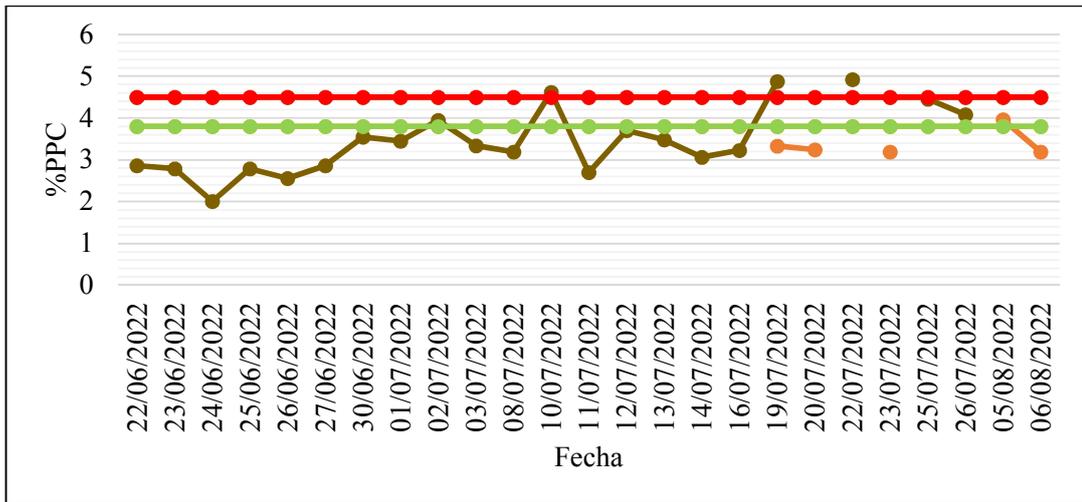
D.23 Gráfico de control para la PPC de pila 07PHC01/22



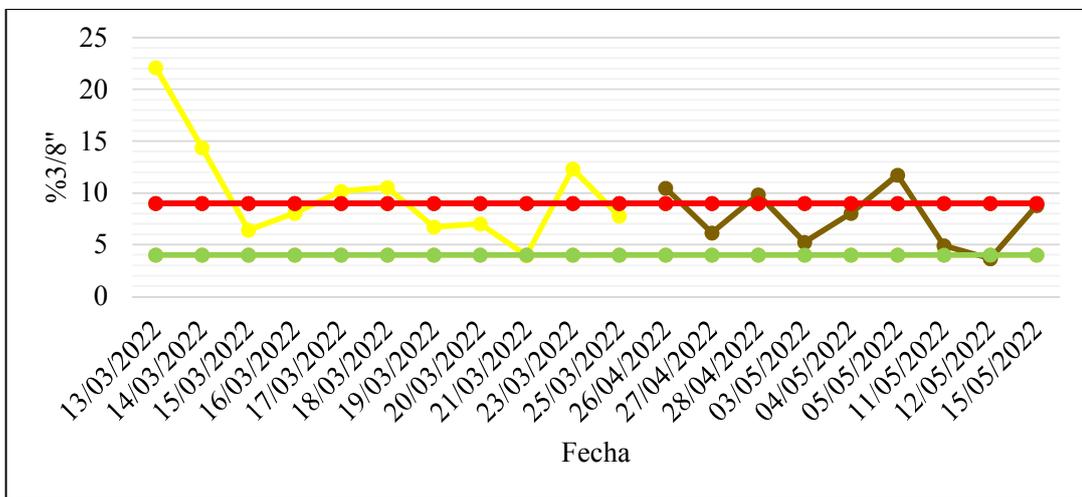
D.24 Gráfico de control para la PPC de pila 07PHC02/22



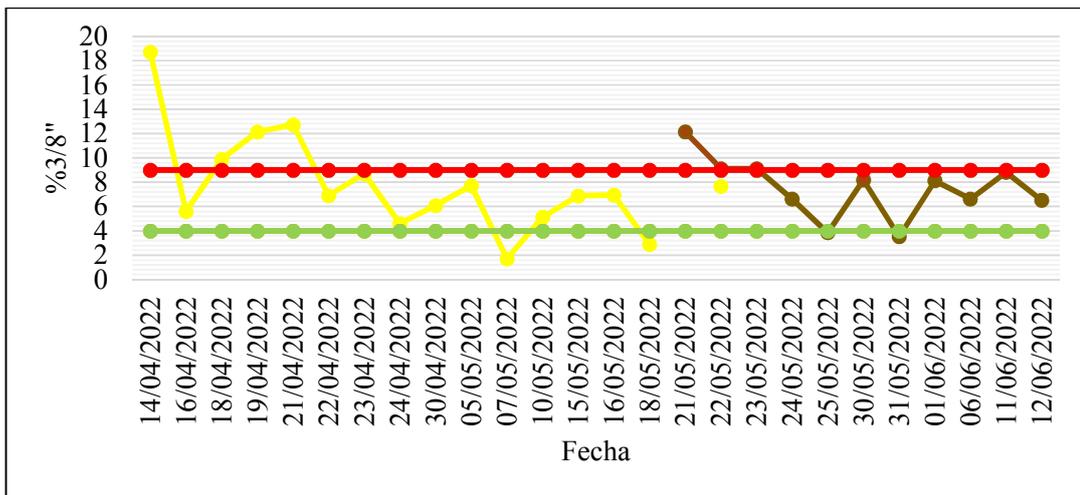
D.25 Gráfico de control para la PPC de pila 08PHD02/22



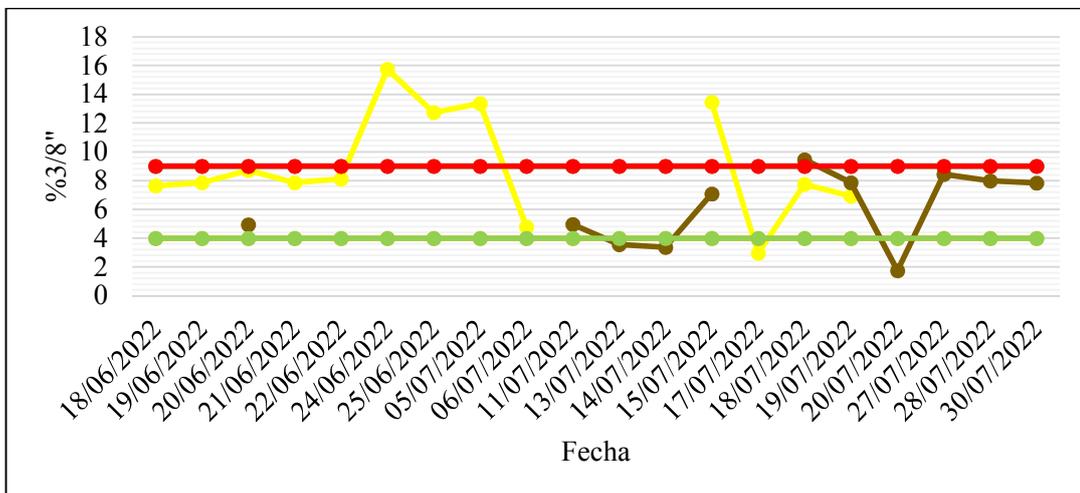
D.26 Gráfico de control para el tamiz 3/8" de pila 05PHB01



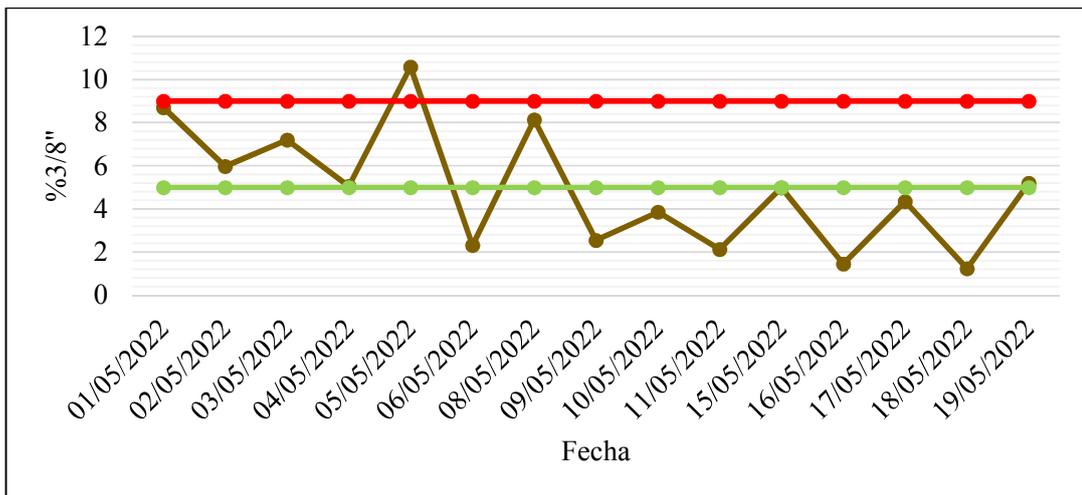
D.27 Gráfico de control para el tamiz 3/8" de pila 06PHB01/22



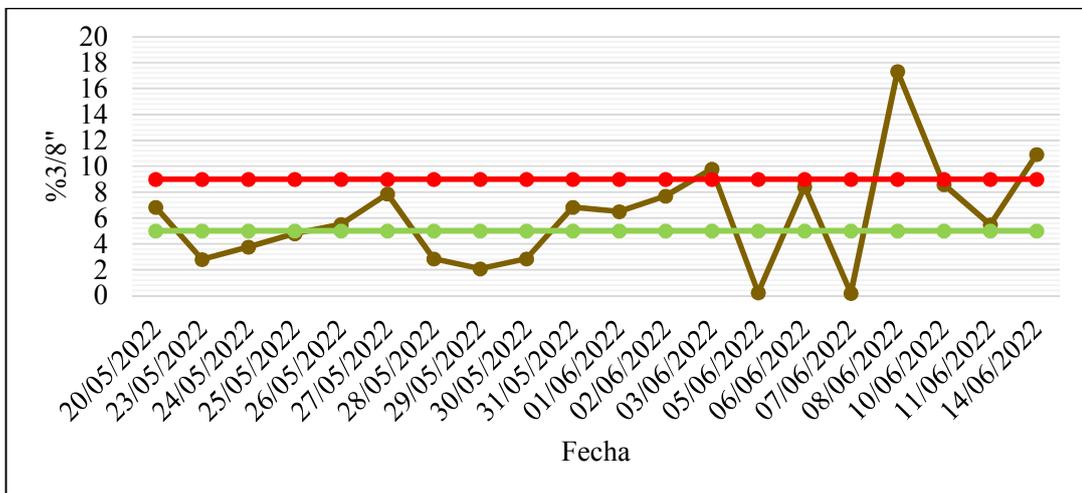
D.28 Gráfico de control para el tamiz 3/8" de pila 08 PHB 01/22



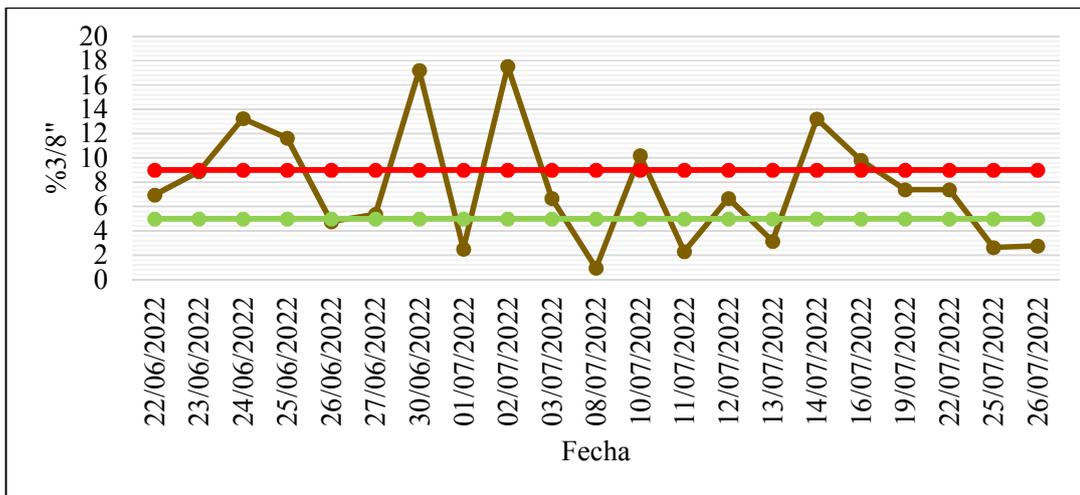
D.29 Gráfico de control para el tamiz 3/8" de pila 06 PHD01



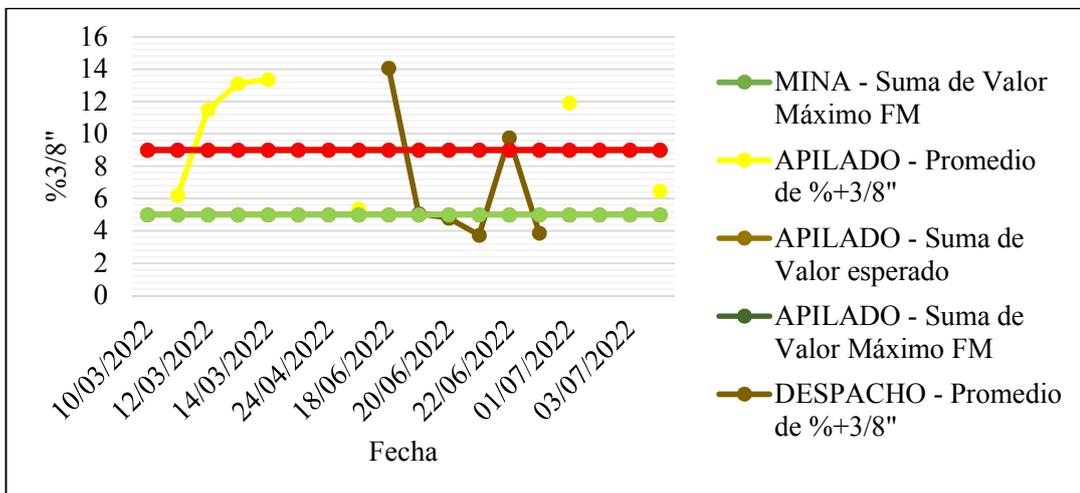
D.30 Gráfico de control para el tamiz 3/8" de pila 08PHD01/22



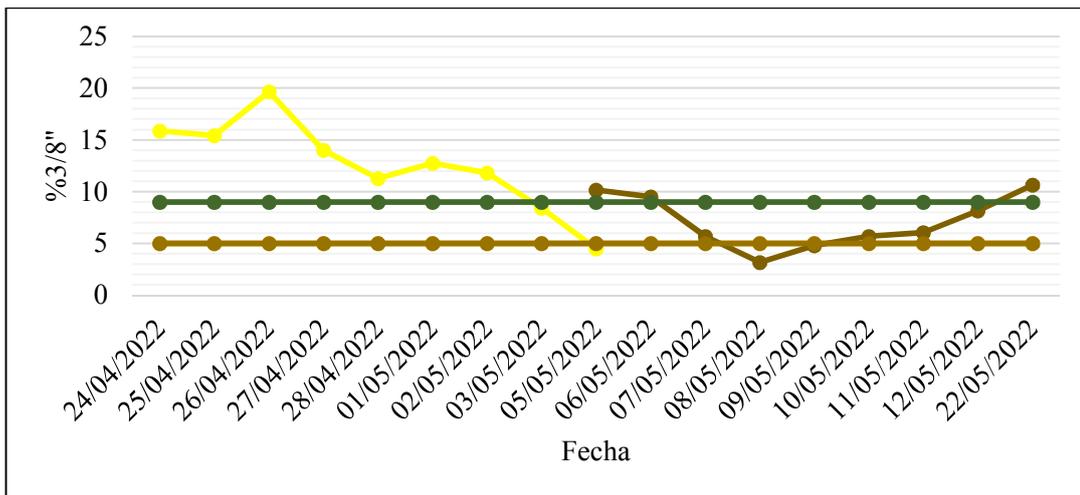
D.31 Gráfico de control para el tamiz 3/8" de pila 08PHD02/22



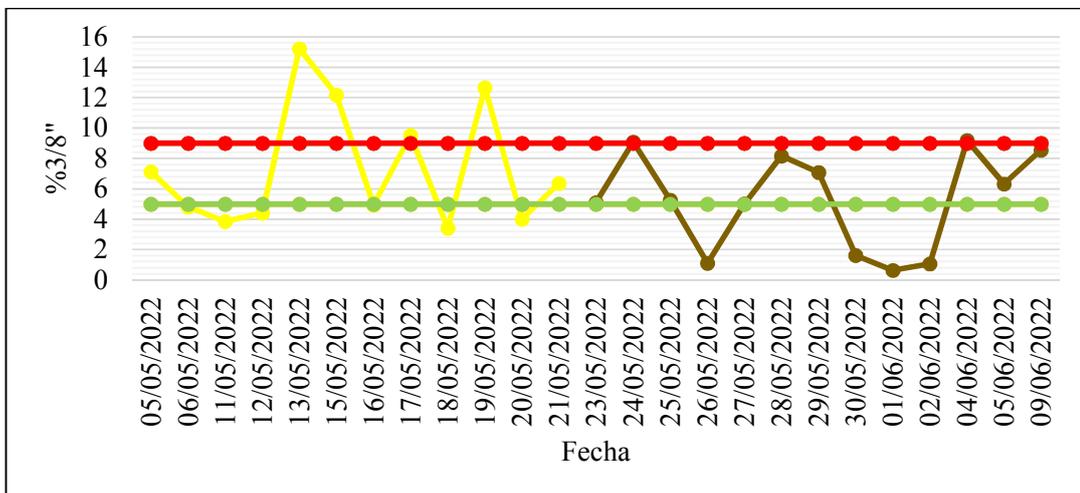
D.32 Gráfico de control para el tamiz 3/8" de pila 04PHC01/22



D.33 Gráfico de control para el tamiz 3/8" de pila 07PHC01/22



D.34 Gráfico de control para el tamiz 3/8" de pila 07PHC02/22



Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	"ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MINERAL DE HIERRO FINO, DE LA C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A. CIUDAD GUAYANA, ESTADO BOLÍVAR"
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
DOS SANTOS SISO KARLA DEYANIRA	CVLAC	25.502.940
	e-mail	karladosantossisso@gmail.com
	e-mail	
ESPINOZA MALAVE DANIEL JOSÉ	CVLAC	26.292.487
	e-mail	danielmalave97@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Variabilidad
Pilas de homogeneización
Aseguramiento de calidad
Control estadístico de procesos
Hierro Fino
Ferrominera
Calidad del mineral de hierro

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias de la tierra	Ingeniería Geológica

Resumen (abstract):

El presente trabajo se realizó en la Gerencia de Calidad de la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., ubicada en Puerto Ordaz, Municipio Caroní del Estado Bolívar, con el objetivo general de analizar la variabilidad de los parámetros de calidad físicos y químicos del mineral de hierro fino (FSF, FPF y FSI) en el volteo, apilamiento y recuperación de las pilas de homogeneización de la empresa. Para ello se realizó una investigación de tipo descriptiva, aplicada y cuantitativa, con un diseño documental y de campo. El estudio permitió obtener una caracterización de nueve pilas de homogeneización, tres para cada subproducto de la empresa, donde se pudo apreciar la variabilidad de los parámetros de calidad en cada etapa del proceso de producción, como es el volteo, el apilado y el despacho, y la influencia en estos factores de parámetros tales como la litología, el aporte por mina y el método de homogeneización utilizado. Para la obtención de los resultados, se recopiló información sobre los parámetros químicos como la sílice, el fósforo, la pérdida por calcinación, y los parámetros físicos como la humedad, y el material retenido en el tamiz 3/8", la cual luego analizada mediante el uso del software Microsoft Excel y statgraphics. Se demostró que las pilas que muestran una mayor variabilidad en los datos son las de FPF, y que esta variabilidad no se ve reducida al no usar ningún tipo de homogeneización, por otro lado, las pilas de FSI, homogeneizadas mediante pilas tipo Chevron demostraron una reducción considerable de la variabilidad para el despacho, de igual forma con las pilas tipo Windrow de FSF, aunque no se mostraron tan eficientes para disminuir la variabilidad de la PPC. La composición litológica y el aporte por minas no parecieron influenciar en los parámetros de calidad de las minas. Se recomienda hacer estudios correlativos para los parámetros de calidad químico, y cuantificar la posible relación entre el aporte por minas y la litología.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Abud Sebastiani Jorge	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.984.842
	e-mail	
	e-mail	
González Víctor	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	victor.g.sfa@gmail.com
	e-mail	
González José Simón	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	13.015.360
	e-mail	jsgonzalez78@gmail.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2023	10	31
-------------	-----------	-----------

Lenguaje Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
TESIS DOS SANTOS Y ESPINOZA.docx
TESIS DOS SANTOS Y ESPINOZA.PDF

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniería Geológica

Nivel Asociado con el Trabajo:

Pre-Grado

Área de Estudio:

Departamento de Ingeniería Geológica

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

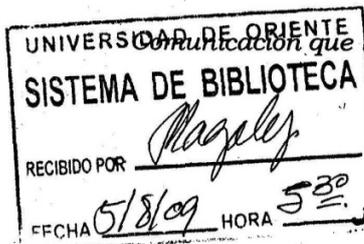
Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUVELDO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): "Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."



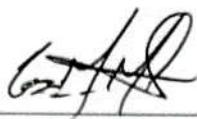
AUTOR
Br. Karla Dos Santos



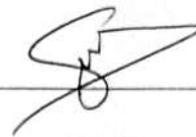
AUTOR
Br. Daniel Espinoza



TUTOR
Prof.: Jorge Abud



JURADO
Prof.: Víctor González



JURADO
Prof.: José González