

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



**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MINERALÓGICA
DEL MINERAL DE HIERRO, GRUESO SAN ISIDRO
CALIBRADO (GSIC), UBICADO EN EL PATIO RADIAL, CVG
FERROMINERA ORINOCO, CIUDAD GUAYANA, MUNICIPIO
CARONÍ, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LA BACHILLER
ALCALÁ ESPINOZA,
MARÍA JOSÉ, PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, ABRIL DE 2022



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado “**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MINERALÓGICA DEL MINERAL DE HIERRO, GRUESO SAN ISIDRO CALIBRADO (GSIC), UBICADO EN EL PATIO RADIAL, CVG FERROMINERA ORINOCO, CIUDAD GUAYANA, MUNICIPIO CARONÍ, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**”, presentado por la bachiller **ALCALÁ E., MARÍA J.** cédula de identidad No. 20.702.172, ha sido **APROBADO** 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:

González José

(Asesor académico)

Sandoval Berenice

(Jurado)

Monteverde Francisco

(Jurado)

Berenice Sandoval

Prof. Berenice Sandoval
Jefe de Depto. De Ing.
Geológica

Firma:

[Signature]

Berenice Sandoval

Francisco Monteverde

Francisco Monteverde

Prof. Francisco R. Monteverde S.
Director de la Esc. de Ciencias
de la Tierra

Ciudad Bolívar 28 del mes de abril del año 2022.

DEDICATORIA

A mis padres con amor Juliana Espinoza y José Alcalá, por todo su cariño, apoyo incondicional y confianza. En especial a mi hijo Matias Isaac, hermanos José Abraham, Regina Isabel y Gladys Virginia, para que siempre tengan deseos de superación. ¡No desistan de obtener muchísimas metas!

María José Alcalá Espinoza

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien llena todos mis días de bendiciones y guía mis pasos para que no decaiga en momentos difíciles y colma mi corazón de alegría al sentir su infinito amor.

A mis padres por todos sus sacrificios realizados para que nunca me falte nada y obtener una excelente educación.

A mis familiares por cooperar conmigo de alguna manera y siempre estar atentos durante mi largo recorrido de esta etapa de mi vida. A la familia Resplandor por abrir las puertas de su hogar, brindarme su amistad y hacer de mi estadía en Ciudad Bolívar de gran provecho.

A la Universidad de Oriente por darme la oportunidad de formarme académicamente y crecer de forma profesional. A los profesores que me guiaron e impartieron sus conocimientos cumpliendo con su dedicada labor de educadores, gracias por su compromiso y ayuda, en especial a mi tutor académico José González. A mis amigos y compañeros de estudios, con los que compartí momentos buenos y malos, todo esfuerzo ha valido y es bien recompensado.

A la empresa CVG Ferrominera Orinoco por cederme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado, a todo el personal de la Gerencia de Calidad y Jefatura de Calidad Fino y Grueso, que me brindaron sus conocimientos y colaboración, a mi tutor industrial Luis Maneiro, por su ayuda y paciencia. A todos mis sinceros agradecimientos.

María José Alcalá Espinoza

RESUMEN

El patio radial, ubicado en la Planta de Procesamiento en Puerto Ordaz, perteneciente a la empresa CVG Ferrominera Orinoco C.A., contaba con un inventario de 15.800tn de mineral de hierro grueso, que admitió un estudio de caracterización físico, químico y mineralógico del producto Grueso San Isidro Calibrado (GSIC), verificando que se encontrara dentro de especificaciones de calidad para el año 2021. De acuerdo al tipo de investigación “aplicada” se encontró una respuesta en el desarrollo de la tarea que realiza el personal de la Superintendencia de Calidad Fino y Grueso; poniendo en práctica los conocimientos de propiedades ópticas de los minerales y ensayos de laboratorio. El diseño de investigación fue documental, se realizó una compilación bibliográfica y datos estadísticos de trabajos anteriores, que sustentan la investigación. Se realizaron análisis físicos de humedad y granulometría, composición química, clasificación de las especies litológicas y estudios mineralógicos de las mismas, obteniendo los siguientes resultados: humedad promedio inicial de 1.36% y humedad promedio durante la recuperación 3.34%, este último fue un valor cercano a lo esperado según especificaciones técnicas de calidad. La fracción útil del mineral de hierro grueso fue de 85.41%, 9.43% sobre tamaño y 5.15% finos adheridos. Posterior a la recuperación del mineral grueso para la alimentación de planta de briqueta, se calculó que paso al sistema productivo 5.09% de mineral no recomendado, ni esperado, sin embargo, aumento la fracción utilizada en un 94.93% igual a 14.998,94 tn. El GSIC, se clasificó en 7 grupos litológicos: costra laminada (Vp) 48%, costra masiva (V) 24,36%, costra hematítica (Vh) 14,11%, costra limonítica (Vy) 9,46%, costra goetítica (Vg) 2,61%, cuarcita ferruginosa dura (If) 1,45% y laterita (Lat) 0,01%. Los estudios mineralógicos de los tipos de mena clasificados indicaron presencia de magnetita, hematita, martita, hidrohematita, goethita, limonita, ilmenita y ganga en menor cantidad. El grado químico promedio de las muestras; (en base al estudio de 9 muestras por sector y 48 muestras durante la recuperación); fue 63-65% FeT, 0.6-0.8% SiO₂, 0.090-0.110% P, 5-6.5% PPC. No habiendo observado ningún comportamiento atípico, se certificó el producto Grueso San Isidro Calibrado, almacenado en el patio radial entre los meses junio-diciembre, como mineral conforme a las especificaciones de calidad para el año 2021.

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xiv
LISTA DE APÉNDICES.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	2
1.1 Situación u objeto de estudio.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1Objetivo general.....	3
1.2.2Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4Alcance de la investigación.....	5
CAPÍTULO II	
GENERALIDADES.....	6
2.1 Ubicación geográfica de la empresa.....	6
2.2Reseña institucional.....	7
2.3Origen de la empresa.....	7
2.4 Filosofía de gestión.....	9
2.4.1Misión.....	9
2.4.2Visión.....	9
2.4.3Valores.....	9

2.5	Ubicación geográfica del área de estudio.....	10
2.6	Acceso al área de estudio.....	10
2.7	Características físico- naturales de la zona.....	12
2.7.1	Clima.....	12
2.7.2	Hidrografía.....	12
2.7.3	Flora y fauna.....	13
2.8	Geología regional.....	14
2.9	Geología local.....	18
CAPÍTULO III		
MARCO TEÓRICO.....		
3.1	Antecedentes de la investigación.....	20
3.2	Fundamentos teóricos.....	22
3.2.1	Mineral de hierro.....	22
3.2.2	Descripción general de los minerales asociados a las menas de alto tenor del Distrito Ferrífero Piar.....	22
3.2.3	Propiedades físicas de los minerales.....	26
3.2.4	Análisis mineralógico.....	29
3.2.5	Tipos litológicos de los yacimientos del Distrito Ferrífero Piar.....	30
3.2.6	Rango de composición química por tipo de mena.....	38
3.2.7	Productos del mineral de hierro comercializados por CVG Ferrominera Orinoco.....	40
3.2.8	Propiedades que determinan la reducción de un mineral.....	40
3.2.9	Parámetros químicos que debe cumplir el mineral para la reducción directa.....	41
3.3	Términos Básicos.....	42
3.3.1	Mineral Calibrado.....	42
3.3.2	Muestra.....	42
3.3.3	Muestreo.....	42

3.3.4 Sector de una pila.....	42
3.3.5 Patio de almacenamiento.....	43
3.3.6 Promedio Ponderado.....	43
3.3.7 Reducibilidad.....	43
CAPÍTULO IV	
METODOLOGÍA.....	44
4.1 Tipo y diseño de la investigación.....	44
4.1.1 Tipo de investigación.....	44
4.1.2 Diseño de la investigación.....	45
4.2 Población y muestra de la investigación.....	45
4.2.1 Población de la investigación.....	45
4.2.2 Muestra de la investigación.....	46
4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
4.4 Flujograma de la investigación.....	47
4.5 Descripción del flujograma de investigación.....	48
4.5.1 Recopilación bibliográfica.....	48
4.5.2 Muestreo.....	48
4.5.3 Preparación de muestras para análisis físicos-químicos.....	49
4.5.4 Determinación del contenido de humedad.....	54
4.5.5 Análisis granulométrico.....	55
4.5.6 Composición química de las muestras estudiadas, mediante la determinación del contenido de sílice, fósforo y pérdida por calcinación	57
4.5.7 Clasificación de las especies de mineral de hierro existentes en el patio radial por tipo de mena.....	58
4.5.8 Análisis mineralógico de las especies litológicas encontradas en el patio radial.....	60

4.5.9 Establecer si el mineral de hierro grueso San Isidro Calibrado, cumple con las Especificaciones de Calidad para el año 2021, evaluando las características físico-química de las muestras estudiadas.....	60
4.5.10 Evaluar el comportamiento del mineral hierro Grueso San Isidro Calibrado como materia prima en el proceso de fabricación de briquetas, según su caracterización físico-química e incidencia de especies litológicas de mineral de hierro.....	61
CAPÍTULO V	
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	62
5.1 Determinación de las características físicas de las muestras de mineral de hierro grueso, a través del contenido de humedad y análisis granulométrico.....	62
5.1.1 Contenido de Humedad.....	62
5.1.2 Análisis granulométrico.....	63
5.2 Composición química de las muestras estudiadas, mediante la determinación del contenido de sílice, fósforo y pérdida por calcinación	67
5.3 Clasificación de las especies de mineral de hierro existentes en el patio radial por tipo de mena, evaluando la trazabilidad química obtenida en función de los rangos establecidos por CVG Ferrominera Orinoco.....	70
5.4 Análisis mineralógico de las especies litológicas encontradas en el patio radial.....	74
5.4.1 Costra Hematítica.....	74
5.4.2 Costra Limonítica.....	75
5.4.3 Costra Masiva.....	76
5.4.4 Cuarcita Ferruginosa Dura.....	77
5.4.5 Costra Goetítica.....	79

5.4.6 Costra Laminada.....	80
5.5 Establecer si el mineral de hierro grueso San Isidro Calibrado, cumple con las Especificaciones de Calidad para el año 2021, evaluando las características físico-química de las muestras estudiadas.....	81
5.6 Evaluar el comportamiento del mineral de hierro Grueso San Isidro Calibrado como materia prima en el proceso de fabricación de briquetas, según su caracterización físico-química e incidencia de especies litológicas de mineral de hierro.....	86
CAPÍTULO VI	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
6.1 Conclusiones.....	94
6.2 Recomendaciones.....	95
REFERENCIAS.....	97

LISTA DE FIGURAS

2.1	Ubicación relativa de CVGFerrominera Orinoco. (CVG Ferrominera Orinoco C.A. 2021d).....	6
2.2	Ubicación geográfica del patio radial CVG Ferrominera Orinoco. (Google Maps. 2021).....	10
2.3	Vía de acceso al patio radial de CVG Ferrominera Orinoco. (Google Earth. 2021).....	11
2.4	Vista perfil del patio radial (CVG Ferrominera Orinoco. 2010).....	11
2.5	Mapa de las Provincias del Escudo de Guayana. (Mendoza, V. 2000.	15
2.6	Proceso de enriquecimiento supergénico de los yacimientos. (Gerencia de Minería. FMO 1992 en León, Y. 2004).....	17
2.7	Comportamiento ideal de los yacimientos en profundidad. (Gerencia de Minería,1992 en León, Y. 2004).....	19
3.1	Magnetita. (Armas, E. 2013).....	23
3.2	Hematita. (Armas, E. 2013).....	24
3.3	Goethita. (Armas, E. 2013).....	24
3.4	Martita. (Armas, E. 2013).....	25
3.5	Tipos de hábitos que pueden distinguirse en los minerales. (Campal N., Schipilow A. 2012).....	27
3.6	Menas blandas de alto tenor. (CVG Ferrominera Orinoco. 2014)...	33
3.7	Menas duras de alto tenor.....	35
3.8	Menas de bajo tenor. (CVG Ferrominera Orinoco. 2014).....	36
3.9	Material estéril. (CVG Ferrominera Orinoco. 2014).....	37
4.1	Flujograma de la investigación.....	47
4.2	Vista de planta del patio radial. Identificación de zona de muestro....	48
4.3	Cuartheador de mineral de hierro grueso.....	50
4.4	Muestra en proceso de homogeneización.....	51

4.5	Trituradora de mandíbula (izq.). Muestras trituradas (der.).....	52
4.6	Molino de rodillos (izq.). Muestras molidas (der.).....	52
4.7	Pulverizadora de anillos (izq.). Anillos de pulverizado (der.).....	53
4.8	Identificación de la muestra.....	53
4.9	Tamizadora con muestra cargada.....	56
4.10	Pesaje del mineral retenido en cada tamiz.....	57
4.11	Clasificación en grupos litológicos de la muestra GSIC2030.....	59
5.1	Distribución del tamaño del mineral de hierro desde la malla 1 3/4” a PAN (izq. a der.).....	64
5.2	Gráfico de la curva granulométrica para muestra 1 (GSIC 0010).....	65
5.3	Porcentaje de sílice para muestras por sector en el patio radial año 2021.....	68
5.4	Porcentaje de fósforo para muestras por sector en el patio radial año 2021.....	69
5.5	Porcentaje de pérdida por calcinación para muestras por sector en el patio radial año 2021.....	69
5.6	Grupos litológicos presentes en el patio radial.....	73
5.7	Fotomicrografía de la muestra J.1.....	75
5.8	Fotomicrografía de la muestra J.2.....	76
5.9	Fotomicrografía de la muestra J.3.....	77
5.10	Fotomicrografía de la muestra J.5.....	78
5.11	Fotomicrografía de la muestra J.7.....	79
5.12	Fotomicrografía de la muestra J.9.....	80
5.13	Promedio aritmético vs promedio ponderado de parámetros químicos en el patio radial año 2021.....	86
5.14	Porcentaje de sílice, para muestras del patio radial año 2021, durante la recuperación.....	88
5.15	Porcentaje de fósforo, para muestras del patio radial año 2021,	

	durante la recuperación.....	88
5.16	Porcentaje de pérdida por calcinación, para muestras del patio radial año 2021, durante la recuperación.....	89
5.17	Pila de mineral de rechazo en planta de briqueta, finos (izq.) y gruesos (der.).....	90

LISTA DE TABLAS

3.1	Tipos de mena de los yacimientos del Distrito Ferrífero Piar.....	31
3.2	Menas blandas de alto tenor. Departamento de Geología, CVG Ferrominera Orinoco.....	38
3.3	Menas duras de alto tenor. Departamento de Geología, CVG Ferrominera Orinoco.....	39
3.4	Menas duras de bajo tenor. Departamento de Geología, CVG Ferrominera Orinoco.....	39
3.5	Estéril. Departamento de Geología, CVG. Ferrominera Orinoco.....	40
5.1	Contenido de humedad de las muestras por sector en patio radial.....	62
5.2	Análisis granulométrico de la muestra GSIC0010.....	64
5.3	Características físicas de las muestras en el patio radial año 2021.....	66
5.4	Composición química de las muestras en el patio radial año 2021....	68
5.5	Composición química de los tipos de mena encontrados en el mineral GSIC radial evaluado con rangos de composición litológicos de CVG Ferrominera Orinoco.....	72
5.6	Grupos litológicos por sector identificados en patio radial año 2021.	72
5.7	Especificaciones de calidad GSIC Nacional año 2021. CVG Ferrominera Orinoco.....	81
5.8	Características físicas-químicas del patio radial contra las especificaciones de calidad año 2021.....	82
5.9	Características químicas del patio radial por promedio ponderado contra las especificaciones de calidad año 2021.....	84
5.10	Comparación de las características físicas-químicas del patio radial durante recuperación del mineral por planta de briqueta contra las especificaciones de calidad año 2021.....	89
5.11	Distribución de grupos litológicos en los sectores y su relación	

durante los meses de recuperación del mineral.....	91
--	----

LISTA DE APÉNDICES

A	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS	103
	A.1. Análisis granulométrico de la muestra GSIC1020.....	104
	A.2. Análisis granulométrico de la muestra GSIC2030.....	104
	A.3 Curva Granulométrica muestras GSIC1020 y GSIC2030.....	105
	A.4. Análisis granulométrico de la muestra GSIC3040.....	105
	A.5. Análisis granulométrico de la muestra GSIC4050.....	106
	A.6 Curva Granulométrica muestras GSIC3040 y GSIC4050.....	106
	A.7. Análisis granulométrico de la muestra GSIC5060.....	107
	A.8. Análisis granulométrico de la muestra GSIC6070.....	107
	A.9 Curva Granulométrica muestras GSIC5060 y GSIC6070.....	108
	A.10. Análisis granulométrico de la muestra GSIC7080.....	108
	A.11. Análisis granulométrico de la muestra GSIC8090.....	109
	A.12 Curva Granulométrica muestras GSIC7080 y GSIC8090.....	109
B	PROMEDIO PONDERADO EN SECTORES DEL PATIO RADIAL	110
	B.1. Promedio ponderado del sector 00-10 del patio radial.....	111
	B.2. Promedio ponderado del sector 10-20 del patio radial.....	111
	B.3. Promedio ponderado del sector 20-30 del patio radial.....	111
	B.4. Promedio ponderado del sector 30-40 del patio radial.....	112
	B.5. Promedio ponderado del sector 40-50 del patio radial.....	112
	B.6. Promedio ponderado del sector 50-60 del patio radial.....	112
	B.7. Promedio ponderado del sector 60-70 del patio radial.....	113
	B.8. Promedio ponderado del sector 70-80 del patio radial.....	113
	B.9. Promedio ponderado del sector 80-90 del patio radial.....	113
C	CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL MINERAL DE HIERRO GSIC DURANTE LA RECUPERACIÓN	114

C.1. Caracterización físico química del mineral de hierro GSIC proveniente del patio radial durante la recuperación en el mes de octubre.....	115
C.2. Caracterización físico química del mineral de hierro GSIC proveniente del patio radial durante la recuperación en el mes de noviembre.....	116
C.3. Caracterización físico química del mineral de hierro GSIC proveniente del patio radial durante la recuperación en el mes de diciembre.....	117

INTRODUCCIÓN

CVG Ferrominera Orinoco, está comprometida con el crecimiento económico del país y el desarrollo social de las comunidades a su alrededor, por lo que se mantiene activa en la implementación de nuevas competencias que le permitan tener una mejora constante de su sistema de gestión, cumpliendo con normas y lineamiento legales. Su objetivo principal es “extraer, procesar y comercializar el mineral de hierro y derivados con productividad, calidad y sustentabilidad”, dando prioridad al mercado nacional. Actualmente se encuentra en una etapa de recuperación productiva, teniendo como meta para el presente año 10 millones de toneladas de hierro, con la visión de incrementar este número en años futuros.

La empresa cumpliendo con política de calidad tiene la responsabilidad de conocer las características de los productos despachados, los cuales deben estar bajo especificaciones acordadas con los clientes. El mineral de hierro Grueso San Isidro Calibrado (GSIC), es un producto comercializado a clientes nacionales como Comsigua, Venprecar, Briqven, y utilizado dentro de la empresa como materia prima para realizar el subproducto de briqueta, de este último uso se tiene la necesidad de caracterizarlo, teniendo como material de estudio el que se encontraba dispuesto en el patio radial.

En función de lograr los objetivos de esta investigación, se realizan análisis físicos y químicos, a muestras tomadas en el patio radial y durante la recuperación del mineral grueso hacia el sistema de alimentación de planta de briqueta, que se encuentra en las instalaciones de la misma empresa. Además, se identificaron especies de mineral de hierro, descritos cualitativa y cuantitativamente, y se determinaron los minerales existentes en ellos.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación u objeto de estudio

CVG Ferrominera Orinoco C.A., es la empresa del país encargada de la extracción, procesamiento, comercialización y venta de los productos de mineral de hierro a nivel nacional e internacional. Motivo que admite desarrollar trabajos de investigación que permitan la continua capacitación del personal, preparación y verificación de sus procesos, actualización de técnicas y/o tecnologías, cumpliendo con especificaciones de calidad exigidas.

La Gerencia de Calidad, garantiza el cumplimiento de estándares de calidad o rangos aceptados para productos de mineral de hierro, desde su extracción en los diferentes frentes de explotación en el Cuadrilátero Ferrífero Piar en Ciudad Piar, a su llegada a la planta de procesamiento en Puerto Ordaz, hasta su despacho por venta y/o uso dentro de la misma empresa para realizar subproductos, tales como pellas y briquetas.

La Superintendencia de Calidad Fino y Grueso, evalúa las características físicas y parámetros químicos del mineral de hierro, definiendo el proceso de formación de pilas de homogenización y su ubicación de depósitos en patios de almacenamiento.

Actualmente el Patio Radial cuenta con 15.800 toneladas de Mineral de Hierro Grueso San Isidro Calibrado que, junto a la pella, son los materiales de alimentación para la planta briquetera, que reinicio su funcionamiento en octubre del año 2021; por

esta razón, la investigación está dirigida a evaluar las características físico-químicas e identificación cualitativa de las especies litológicas presentes en el patio, para constatar la calidad del producto antes de ser utilizado y durante el proceso de alimentación.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar física, química y mineralógicamente el mineral de hierro, Grueso San Isidro Calibrado (GSIC), ubicado en el patio radial, CVG Ferrominera Orinoco, Ciudad Guayana, municipio Caroní, estado Bolívar, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar las características físicas de las muestras de mineral de hierro grueso, a través del contenido de humedad y análisis granulométrico.
2. Definir la composición química de las muestras estudiadas, mediante la determinación del contenido de Sílice, Fósforo y Pérdida Por Calcinación.
3. Clasificar las especies de mineral de hierro existentes en el patio radial por tipo de mena, validando la trazabilidad química obtenida en función de los rangos establecidos por CVG Ferrominera Orinoco.
4. Exponer análisis mineralógicos a las especies litológicas encontradas en el patio radial.

5. Establecer si el mineral de hierro Grueso San Isidro Calibrado, cumple con las Especificaciones de Calidad para el año 2021, evaluando las características físico-química de las muestras estudiadas.
6. Evaluar el comportamiento del mineral hierro Grueso San Isidro Calibrado como materia prima en el proceso de fabricación de briquetas, según su caracterización físico-química e incidencia de especies litológicas de mineral de hierro.

1.3 Justificación de la investigación

Todo producto y subproducto, elaborado y comercializado, por CVG Ferrominera Orinoco cuenta con especificaciones de calidad aprobadas anualmente, para venta, según la Certificación de Calidad ISO-9001 (2008), en acuerdos con la aceptación de los clientes.

El producto Grueso San Isidro Calibrado (GSIC) , que se encuentra depositado en el patio radial, es proveniente de diferentes minas (Los Barrancos, San Isidro y Altamira), a su llegada a la planta de procesamiento pasa por sistema de trituración primario, secundario y cribado en la planta N°07 y/o por otro proceso de triturado y cribado en la planta N° 11, hasta ser transferido por acarreo al patio de almacenamiento, cuenta con parámetros físicos- químicos de muestras tomados en la planta N.º 7 y en fecha de despacho para cliente nacional.

Se requiere investigar el comportamiento del producto con relación de distribución de alimentación pella-mineral de 80-20 (80% de pella y 20% mineral grueso), como materia prima en el proceso productivo de briquetas, en función a la incidencia y proporción de las clases litológicas presentes, asociado a la composición química, propiedades físicas y mineralógicas.

1.4 Alcance de la investigación

El estudio de caracterización del mineral almacenado en Patio Radial, Grueso San Isidro Calibrado (GSIC), está destinado a ser de disponibilidad inmediata por el Departamento de Gerencia de Calidad, CVG Ferrominera Orinoco, para su evaluación y optimización en procesos dentro de la empresa.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica de la empresa

La CVG. Ferrominera Orinoco C.A se encuentra ubicada geográficamente entre Ciudad Piar y Ciudad Guayana, estado Bolívar, Venezuela. Cuenta con dos centros de operaciones: Ciudad Piar, lugar en donde se encuentran ubicados los principales yacimientos de hierro, se realizan las operaciones mineras (incluyendo las actividades de exploración geológicas de reservas de minerales de hierro, planificación, desarrollo, explotación de minas y transporte hacia los puertos de procesamiento), y Puerto Ordaz, donde se encuentran la planta de procesamiento del mineral, sus muelles y oficinas principales (Figura 2.1). (CVG Ferrominera Orinoco C.A. 2021d).

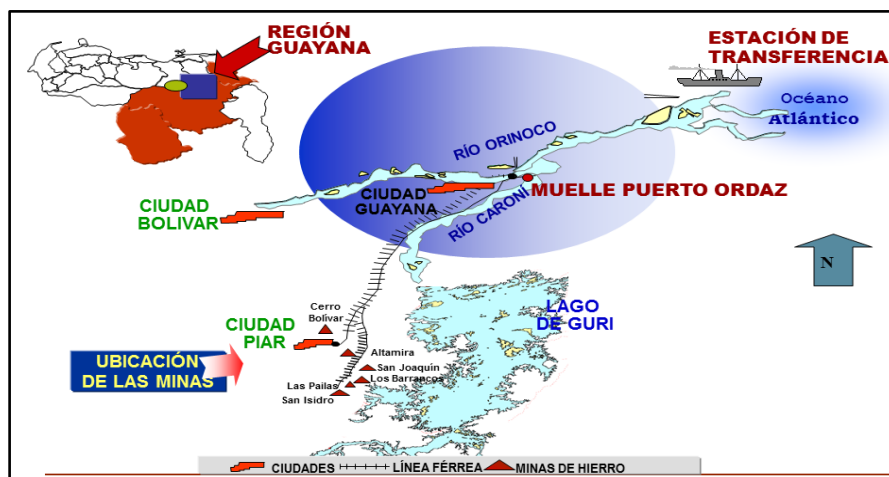


Figura 2.1 Ubicación relativa de CVG. Ferrominera Orinoco. (CVG Ferrominera Orinoco C.A. 2021d).

2.2 Reseña institucional

La CVG. Ferrominera Orinoco C.A., es una empresa del Estado Venezolano, tutelada por la Corporación Venezolana de Guayana (CVG.) y adscrita al Ministerio de Industrias Básicas y Minería del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela; dedicada al área siderurgia, en la extracción y producción de hierro.

Esta empresa tiene como responsabilidad la explotación de la industria del mineral de hierro y sus derivados, con eficiencia, productividad, calidad y bajo costo, con el objetivo de abastecer en forma oportuna y suficiente a la industria siderurgia nacional, y aquellos mercados internacionales que resulten económica y estratégicamente atractivos, logrando con ello contribuir con el desarrollo económico del país. (CVG Ferrominera Orinoco C.A. 2021b).

2.3 Origen de la empresa

En el año 1926 se hizo el descubrimiento del 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, que lleva a su casa y utiliza para amolar machetes. Simón Piñero, empleado de la firma Boccardo y Cia. de Ciudad Bolívar, acompaña más tarde a Vera hasta el Cerro Florero, donde obtienen muestras suficientes para enviar a los Estados Unidos. (CVG Ferrominera Orinoco C.A. 2021c).

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

En 1939 como resultado del potencial ferrífero de la región, el ejecutivo decreta zona reservada para la exploración y explotación del mineral de hierro los distritos Piar y Roscio del Estado Bolívar y el Territorio Federal Delta Amacuro.

En 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.

En 1947 Folke Kihlstedt y Victor Paulik, exploran y obtienen el título del Cerro la Parida, nombre cambiado en 1948 por el de Cerro Bolívar. Exploran igualmente los Cerros Rondón y Arimagua.

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

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

En 1954 se inauguran las operaciones de la Orinoco Mining Co. 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). Ese año se exportan 3 millones de toneladas.

En 1968 se inicia la construcción de la planta de briquetas de la Orinoco Mining Company.

El 1^{ero} de enero 1975 queda nacionalizada la industria del hierro en Venezuela. El 3 de enero, zarpa el buque Tyne Ore con una carga de 17.417 toneladas de mineral de hierro con destino a Estados Unidos, el primer embarque después de la nacionalización. El 10 de diciembre de este mismo año, se constituye formalmente la CVG Ferrominera Orinoco C.A.

Y es en 1976 cuando CVG Ferrominera Orinoco C.A. inicia sus operaciones como empresa responsable de la explotación y aprovechamiento del mineral de hierro en todo el territorio nacional.

2.4 Filosofía de gestión

2.4.1 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. (CVG Ferrominera Orinoco C.A. 2021b).

2.4.2 Visión

Empresa productiva, eficiente con desarrollos de recursos mineros que impulsan el crecimiento de la industria siderúrgica nacional, con impactos sociales positivos, comprometida con el bienestar de sus trabajadores, pilar del poderío económico y social de la patria. (CVG Ferrominera Orinoco C.A. 2021b).

2.4.3 Valores

La CVG Ferrominera Orinoco, está comprometida con el desarrollo integral, humanista y sustentable del país, como actor fundamental del sector siderúrgico nacional, fortaleciendo este liderazgo en el trabajo, calidad, competitividad y responsabilidad, soportado en un personal cuyas actuaciones están regidas en estricto apego a la disciplina, honestidad, ética y respeto. (CVG Ferrominera Orinoco C.A. 2021b).

2.5 Ubicación geográfica del área de estudio

El patio radial, forma parte de un conjunto de patios de almacenamiento de mineral de hierro grueso, pertenecientes a la empresa CVG Ferrominera Orinoco, se encuentra en Ciudad Guayana, municipio Caroní, estado Bolívar, Venezuela. Geográficamente se ubica entre las coordenadas Latitud Norte 8°20'8" y Longitud Oeste 62°43'34" (Figura 2.2).



Figura 2.2 Ubicación geográfica del patio radial CVG Ferrominera Orinoco. (Google Maps. 2021).

2.6 Acceso al área de estudio

Para trasladarse al área de estudio es necesario ingresar a la empresa que se encuentra localizada en la Av. Principal de Castillito, Puerto Ordaz, Ciudad Guayana, estado Bolívar; recorrer unos 5 km de carretera asfaltada y tomar un cruce de acceso a la derecha que lleva al patio radial (Figura 2.3), identificada con progresivas del 0 a los 90m, asemejando un semicírculo (Figura 2.4).



Figura 2.3 Vía de acceso al patio radial de CVG Ferrominera Orinoco. (Google Earth. 2021).

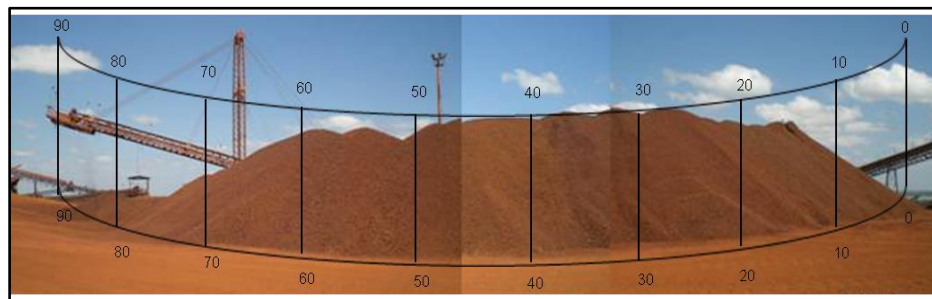


Figura 2.4 Vista perfil del patio radial (CVG Ferrominera Orinoco. 2010).

2.7 Características físico- naturales de la zona

2.7.1 Clima

La temperatura media de zona para el año en curso es de 26,5°C (climate-data.org. 2021), con un máximo de 31,4°C y un mínimo de 23,2°C. Para efectos de clasificación, se considera un Clima Lluvioso Tropical (según Köppen). La precipitación media es de 2,203 mm por año (Ciudad Guayana). Las lluvias torrenciales caen entre mayo y octubre, con mayor precipitación en julio y agosto, son muy escasas entre octubre-marzo. El clima entre febrero-mayo es semiárido. (Geografía de Venezuela. UPEL. 2021).

2.7.2 Hidrografía

El Estado está recorrido por los dos ríos imponentes de Venezuela; Caroní y Orinoco. Los principales afluentes del Caroní son el Paragua, Apongua, Icabarú, Tupururén, Carvai, Tiricá, Apacará, Cucurital, Urimán, Curada, Carún, Aza, ElPao, Chiguao, Tocomplete, Gurí, Caruachí y Carro, donde deposita sus aguas el Churín, que a su vez recibe las aguas del Salto Angel o Churín-Merú.

Otros ríos importantes del estado, que depositan sus aguas en el Orinoco son: El Caura, con 723 km de recorrido, el más caudaloso después del Caroní con sus afluentes: Arichi, Imuco, Cacara, Cusime, Yuruaní, Nichare, Mocho, Mato, entre otros. El Aro, con 329 km y sus afluentes Ariza, Arapo y La Piña. El Cuchivero, con 305 km y sus afluentes el Guaniamo y Zariapo. El Suapure de 241 km y sus afluentes Paragüeni, Caripo, Horada, Auyacoa y Chivapuri. El Parguaza con sus 186 km y su caño Oré. El Upata de 79 km es el último río del estado en tributar sus aguas al Orinoco. El gran río del estado que vierte sus aguas en el Orinoco es el Cuyuní, ya

que desemboca en el Esequibo, que a su vez lo hace en el Atlántico, cerca de Georgetown, la capital de Guyana. Los principales afluentes del Cuyuní que tiene 618 km de recorrido, son el Yuruari, Chicanán, Yuruán, Botanamo, Venamo, Guaicaúa, Morajuna.

Estas corrientes hacen su recorrido venciendo el escalonamiento de la roca dura basal con imponentes saltos y numerosos raudales, lo que origina una gran potencialidad de hidroelectricidad. (Situación Física. Bolívar. 2021).

2.7.3 Flora y fauna

La flora de la región comprende especies arbóreas, arbustivas, herbáceas, mixtas y áreas descubiertas; existen bosques, bosques de galería y manglares, espinar y matorrales, chaparros, sabanas y vegetación especial. Debido a su inmensa extensión la vegetación de la región Guayana es un muestrario de una amplia variedad de la vegetación que cubre todo el suelo venezolano con vegetación halófila, típica de los manglares; vegetación herbácea, de las sábanas; xerofita, que es la del espinar o bosque xerofito; la higrófila de las selvas, las propias de bosque nublado y laderas montañosas. (Flora y Fauna de Bolívar. 2012).

Los únicos animales peligrosos de la zona son algunos tipos de serpientes venenosas. La fauna silvestre se presenta con un gran número de especies, tales como el Cachicamo, Báquiro, Iguana, Caimán del Orinoco, Morrocoy, Tucán, Guacamaya, Gallina de Monte, Jaguar, Perro de Agua, Oso Hormiguero. (Flora, Fauna y Sistema Económico. 2013).

2.8 Geología regional

El Escudo de Guayana representa la estructura geológica más antigua de Venezuela. No es una unidad geológica aislada, sino que se relaciona con el Escudo brasileño o amazonia. Ocupa el arco formado por el río Orinoco, Edo. Bolívar y Territorio Amazonas, casi un 50% de la superficie total de Venezuela. “Es la región minera por excelencia, con placeres auríferos y diamantíferos, y grandes reservas de hierro”. Esta comprendido aproximadamente entre los meridianos 61° y 67° de longitud W, y los paralelos 1° y 8° de lat.bor. Con un área de aproximadamente de 425.000 Km². (Mendoza, V. 2000).

Basándose en los caracteres petrológicos y tectónicos, el Escudo de Guayana en Venezuela se ha dividido en cuatro provincias geológicas conocidas como: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima (Figura 2.5).

Las formaciones de hierro de importancia económica relevante en Venezuela, se encuentran en la Provincia Geológica de Imataca. Se trata de una secuencia de sedimentos de más de 4.000 metros de espesor constituida por cuarcitas ferruginosas que, por su mayor resistencia a la erosión, forman serranías alargadas y arqueadas dominadas por complejos estructurales. Dichas cuarcitas están intercaladas por rocas más blandas (gneis) que forman las sábanas circunvecinas, por granitos plegados en forma compleja e intrusiones de granitos posteriores y otras rocas magmáticas que cortaron a las otras en diferentes direcciones (intrusiones ígneas). (González de Juana, 1980 en Méndez, W. 2014).

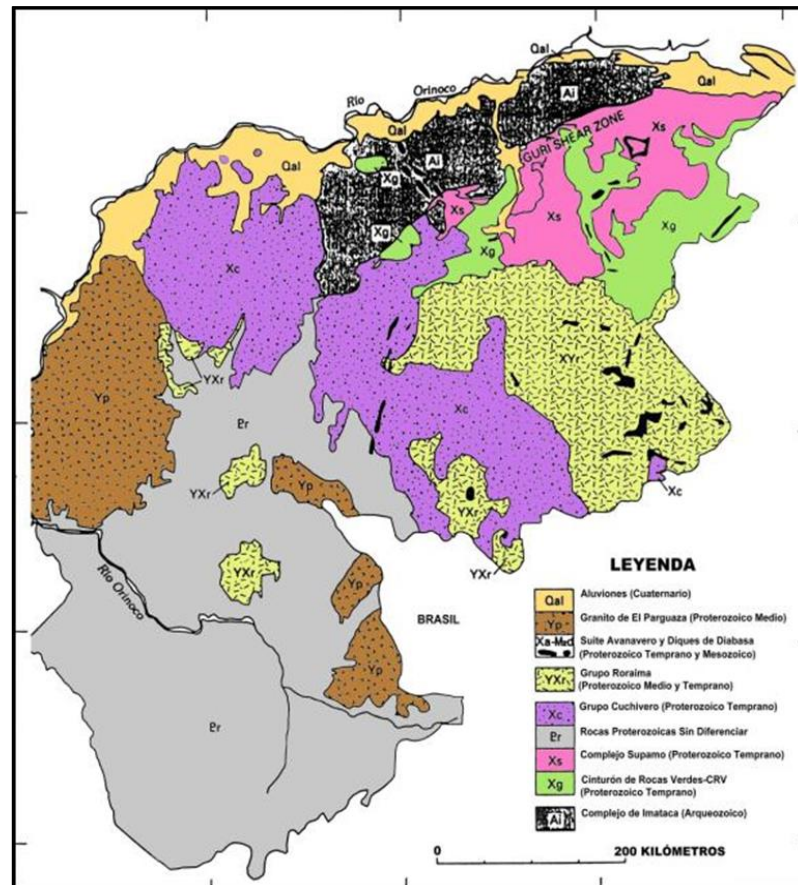


Figura 2.5 Mapa de las Provincias del Escudo de Guayana. (Mendoza, V. 2000).

Las rocas incluidas dentro de la Provincia de Imataca han sido denominadas Complejo de Imataca (CI).

El Complejo de Imataca lo componen rocas que afloran en la parte Norte del Estado Bolívar, al oeste del Río Caura, paralelas al Río Orinoco y penetran en el Estado Delta Amacuro al este, y hacia el sur limita con la falla de Gurí, Santa Bárbara y El Pao; formando un cinturón Norte-Sur de 510 kilómetros de longitud y son hasta el presente las rocas más antiguas (3.600-3.500 millones de años) conocidas en la parte Nor-Oriental del Escudo Guayanés. (González de Juana, 1980 en Méndez, W. 2014).

La litología característica del Complejo de Imataca son los gneises máficos y félsicos intercalados con capas de cuarcitas ferruginosas, granulitas, y cuerpos delgados interestratificados de rocas graníticas. En todo el complejo las leucocráticas predominan y constituyen aproximadamente el 80% de la unidad, los gneismáficos constituyen el 10% de la secuencia y el resto lo componen los gneis graníticos y escasas anfibolitas. Otras litologías presentes incluyen formaciones de hierro laminadas o bandeadas, con cuarzo-magnetita y cuarzo-magnetita-ortopiroxeno; cuarcitas calco-silicatadas laminas y granulitas máficas con ortopiroxeno, clinopiroxeno y horblenda o biotita. Las formaciones de hierro u horizontes silico-ferruginosos fueron denominadas así para designar las rocas metamórficas derivadas de sedimentos químicos, y rocas tales como cuarcitas y cuarcitas silicatadas, íntimamente asociadas en el campo con las formaciones de hierro. (González de Juana, 1980 en Méndez, W. 2014).

Imataca es considerada la provincia del hierro. Ascanio (1985) distinguió que, según el tamaño del grano, hay tres grandes tipos de depósitos de hierro, que son los siguientes:

1. Depósitos de hierro de grano grueso (> 1mm): El Pao, Las Grullas, Piacoa.
2. Depósitos de hierro de grano medio (= 1mm): Cerro Maria Luisa.
3. Depósitos de hierro de grano fino (< 1mm): Cerro Bolívar, San Isidro, Los Barrancos, El Trueno, Altamira, Redondo, Toribio, Arimagua (Mendoza, V. 2000).

El Complejo de Imataca tiene una gran importancia económica porque en él se localizan los importantes yacimientos ferríferos, depósitos de manganeso, concentraciones de caolín, mármoles dolomíticos y bauxitas lateríferas.

Las menas de hierro del Distrito Ferrífero 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 cuarcita ferruginosa con consiguiente concentración residual de óxidos e hidróxidos de hierro. Lo que permitió dar origen de distintos tipos de menas según sea la intensidad y naturaleza del proceso, los cambios principales son: la magnetita se oxida a hematita y martita, los minerales de ganga como piroxenos y anfíboles son reemplazados por goethita dando como resultado menas esencialmente hematíticas-goetíticas-martíticas. (Figura 2.6). (Gerencia de Minería. FMO 1992 en León, Y. 2004).

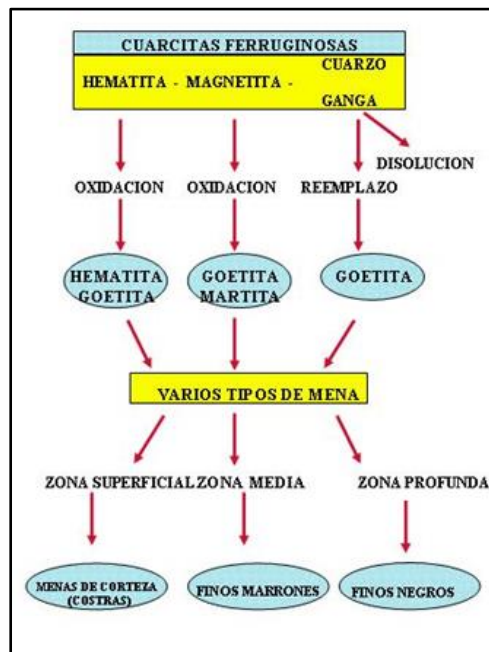


Figura 2.6 Proceso de enriquecimiento supergénico de los yacimientos. (Gerencia de Minería. FMO 1992 en León, Y. 2004).

2.9 Geología Local

El mineral de hierro Grueso San Isidro Calibrado (GSIC) es extraído del conjunto de minas del Cuadrilátero San Isidro, y llevado a la planta de procesamiento en Puerto Ordaz, es identificado como mineral todo en uno (TEU), con descripción general litológica como costras limoníticas con mineral de hierro fino.

El Cuadrilátero Ferrífero San Isidro, se podría considerar en totalidad como un yacimiento, pero por razones de sistematización de los datos y debido al hecho que los separan cuerpos estériles, se ha dividido en los siguientes yacimientos: San Isidro, Las Pailas, San Joaquín y Los Barrancos.

Estructuralmente el Cuadrilátero Ferrífero de San Isidro pertenece al Distrito Ferrífero Piar. Las principales fallas de carácter regional tienen una orientación NE - SO con desviaciones locales. Generalmente el plegamiento es isoclinal con planos axiales buzando hacia el sur.

Los cuerpos de mena están situados en la parte superior de las colinas entre 430 y 800 m.s.n.m., en cuya superficie afloran casi exclusivamente los tipos de menas de corteza “costras” y a mayor profundidad se presentan diferentes tipos de menas friables “finos” con intercalaciones de costras; estos finos pasan transicionalmente a cuarcitas ferruginosas friables, cuarcitas ferruginosas duras, hasta alcanzar las zonas de material estéril “laterita” (Figura 2.7). (Mendoza, V. 2000).

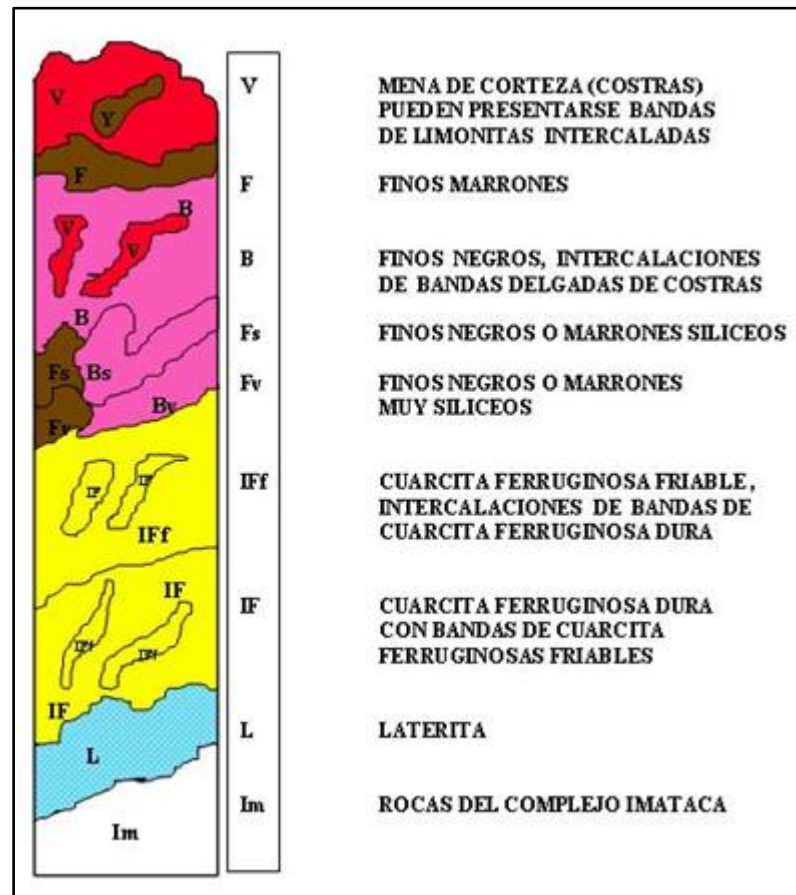


Figura 2.7 Comportamiento ideal de los yacimientos en profundidad. (Gerencia de Minería, 1992 en León, Y. 2004).

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Bardellini, Kelvin (2007). Llevo a cabo un trabajo que tiene por título: DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE MINERALES DE HIERRO EN ORINOCO IRON”. La metodología se desarrolló para caracterizar tecnológicamente minerales de hierro fino utilizados en el proceso productivo de la empresa Orinoco Iron. Las menas blandas de alto tenor clasificados como finos negros, finos negros silicios y finos marrones, en base a la evaluación químico-físico, caracterización mineralogía y ensayos de reducibilidad, dieron como resultado que un alto contenido de pérdida por calcinación se atribuye a la alta proporción de costra goetítica, por ser un óxido hidratado, y ya que los finos marrones tienden a tener mayor porcentaje de goetita que hematita monocristalina, son más reducibles que los finos negros y los finos negros silicios. Determino que el tamaño de los monocristales que contiene una muestra va a influir directamente en el proceso de reducibilidad del mineral.

Guevara, Hugo (2015). Elaboró un trabajo de investigación: “ESTUDIO DE REDUCIBILIDAD, DEGRADACIÓN Y GENERACIÓN DE FINOS EN LAS ESPECIES LITOLÓGICAS DEL MINERAL DE HIERRO GRUESO SAN ISIDRO CALIBRADO”. El estudio tiene como propósito evaluar la generación de finos de las

especies litológicas presentes en el mineral grueso utilizado en planta de briquetas. Para ello se identificaron las especies litológicas presente en el mineral grueso, luego determino la reducibilidad y generación de finos de las mismas, a través del ensayo Linder a escala de laboratorio e industrial. Concluyo que las especies con mayor reducibilidad son la costra limonítica y la costra masiva, la generación de finos tienen mayor aporte de la costra masiva y la costra aluminica dentro del proceso de reducción, a escala de laboratorio. Los resultados de degradación de la mezcla pella-mineral GSIC, a escala laboratorio indica que pasa de 16,96% a 14,17%, y a nivel industrial de 16,96% a 12,13%.

Ramírez, Luis (2020). Realizó un trabajo de grado titulado: “APLICACIÓN DE LA GEOMETALURGIA PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE ESPECIES LITOLÓGICAS EN UN PROCESO DE REDUCCIÓN DIRECTA DE LECHO FLUIDIZADO”, para obtener el título de Ing. metalúrgico. Realizó un trabajo de investigación con el objetivo de diseñar mezclas de especies litológicas para un proceso de reducción directa en lecho fluidizado aplicando la geometalurgia, en el proceso realizo una caracterización química y mineralógica de especies litológicas de mineral de hierro, las muestras fueron provenientes de las minas Altamira, Cerro Bolívar, Los Barrancos y San Isidro. La relación de estas cualidades con el desempeño del mineral de hierro en el proceso FINMET, le permitió establecer mezclas de las muestras considerando el grado de metalización, tendencia a la decrepitación y adherencia. Obtuvo que los minerales de morfología laminar y porosos fueron resistentes a la decrepitación, pero su contacto con minerales más compactos provoca su degradación y generación de partículas ultrafinas que benefician el efecto de adherencia, confirmo el aporte que tienen los minerales goethiticos en el proceso FINMET.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Mineral de hierro

Es una sustancia heterogénea de distintos orígenes geológicos y composición variable, constituido fundamentalmente de hierro y oxígeno, y que puede contener, además, impurezas tales como azufre, sílice y fósforo. (Norma Venezolana. COVENIN. 1989).

3.2.1.1 Mineral de hierro fino

Es aquel mineral cuyas partículas son en una alta proporción menores que 6 mm de diámetro. (Norma Venezolana. COVENIN. 1989).

3.2.1.2 Mineral de hierro grueso

Es aquel mineral de hierro cuyas partículas están en su mayor proporción comprendidas entre 6 mm y 50 mm de diámetro. (Norma Venezolana. COVENIN. 1989).

3.2.2 Descripción general de los minerales asociados a las menas de alto tenor del Distrito Ferrífero Piar

3.2.2.1 Magnetita (Fe_3O_4)

Oxido ferroso férrico u oxido magnético de hierro. Tiene fuertes propiedades magnéticas. Color gris oscuro a negro. Brillo metálico. Raya negra. Dureza 5,5-6,5. Clivaje ninguno. Fractura subcoqueal a desigual. Presenta cristales generalmente

octaédricos, menos comúnmente dodecaédrico, macizo granular o en grano fino. Está compuesta por 72,37% de hierro y 27,63% de oxígeno, pero algunos análisis dan un pequeño porcentaje de magnesio y manganeso (Figura 3.1). (mineriaenlinea. 2019).

Se sabe que la hematita forma pseudomorfos sobre la magnetita. Tales pseudomorfos se conocen comúnmente como martita, y su apariencia puede ser muy similar a la magnetita regular. Sin embargo, se diferencia de magnetita en el que se sienten atraídos ligeramente al campo magnético, y tiene un color marrón rojizo racha. (mineriaenlinea. 2019).

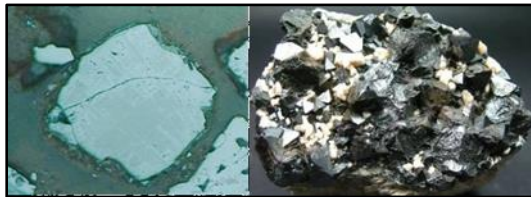


Figura 3.1 Magnetita. (Armas, E. 2013).

3.2.2.2 Hematita (Fe_2O_3)

Oxido férrico. Tiene una apariencia extremadamente variable. Su brillo puede variar desde terroso hasta submetálico y metálico. Sus gamas de colores incluyen rojo a marrón y negro a gris a plateado. Raya rojiza. Clivaje ninguno. Fractura desigual. Dureza de 5-6. (mineriaenlinea. 2021b).

Su forma cristalina corresponde a cristales que aparecen en placas delgadas, así como en haces de pequeñas placas micaceas, y en astillas delgadas, con mayor frecuencia masivos, mamarios, botrioides, reniformes, oolíticos, estalactíticos y radiantes. Aparecen cristales escalenoédricos y romboédricos, así como tabulares y grupos de cristales tabulares, los cristales son a menudo estriados. También se encuentran formas dendríticas y rosetones. Tiene propiedades paramagnéticas lo que

significa que es ligeramente atraído por campos magnéticos. En su estado puro contiene 70% de hierro y 30% de oxígeno (Figura 3.2). (mineriaenlinea. 2021b).

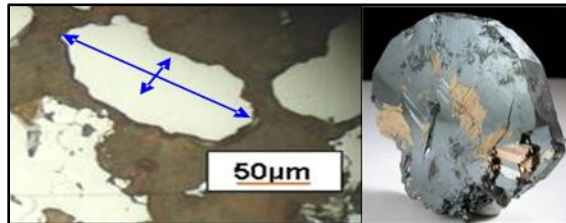


Figura 3.2 Hematita. (Armas, E. 2013).

3.2.2.3 Goethita

Es un mineral común y es material de matriz frecuente para otros minerales más estéticos. Es producto de meteorización de minerales que contienen hierro como la magnetita, la pirita y la siderita. Oxihidróxido o hierro -FeO (OH). Color variable: negro, marrón amarillento, marrón rojizo. Raya parda amarillenta. Dureza 5-5,5. Los cristales están en pequeñas hojas y placas aplanadas, o finamente aciculares con un aspecto aterciopelado. Muy a menudo en agregados botrioidales, reniformes o estalactíticos de cristales radiantes o cristales en forma de bola. También granulado, en vetas, concrecional, oolítica, y en masas terrestres. Brillo adamantino a mate, sedoso. Clivaje 1,1. Fractura: astillada, desigual. Este compuesto contiene un 62,85% de hierro, 27,01% de oxígeno y 10,14% de agua (Figura 3.3). (mineriaenlinea. 2021a).

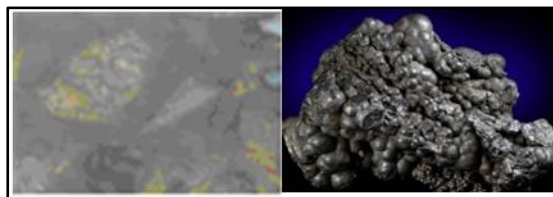


Figura 3.3 Goethita. (Armas, E. 2013).

3.2.2.4 Martita (Fe_2O_3)

Se trata de hematite pseudomorfo de magnetita. Dureza 6,5. Raya roja a pardo rojizo, pero negra al menor vestigio de titanio. Brillo metálico a mate. En agregados amorfos y plaquetas finas su color es rojo, si no es metálico, gris negro, a menudo con matices de varios colores. Fractura concoidea. Tienen cristales bipiramidales que recuerdan al octaedro, tabulares delgados a gruesos, a menudo amorfo, hojoso, radiado, con la superficie lisa y brillante, terroso, formando costras (Figura 3.4). (Minerales de Colección. 2021).

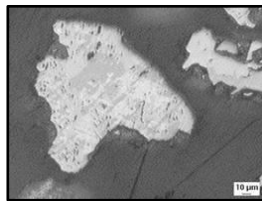


Figura 3.4 Martita.
(Armas, E.
2013).

3.2.2.5 Hidrohematita (turgita) $\text{FeC}_3, 1/2\text{H}_2\text{O}$

Se encuentra en el mineral de hierro cercano a la superficie, se formó por alteración parcial de la hematita. (Geología Económica. 1975).

Se presenta en pequeñas masas (“nubes”) o en mínimas lentes alargadas, generalmente asociada a la lepidocrocita. Su determinación es difícil debido a lo pequeño y diseminado de sus masas. De hecho, es una modificación de FeO_3 , con un poco de agua absorbida. La presencia de hidrohematita indica el curso de un proceso de deshidratación (cerca de la superficie). (Desarrollo Minero Ecológico. 1970).

3.2.3 Propiedades físicas de los minerales

Las propiedades físicas de los minerales son una función de su composición química y estructura cristalina. De esta manera se podrán definir propiedades físicas escalares y vectoriales, si son dependientes o independientes – respectivamente – de la dirección cristalográfica de observación. De esta manera se dividen de la forma siguiente:

1. Propiedades electro-magnéticas: magnetismo, electricidad, piroelectricidad, piezoelectricidad.
2. Propiedades estructurales: dureza, tenacidad, fractura, exfoliación, raya, forma y estructura externa.
3. Propiedades dependientes de la masa: peso específico.
4. Propiedades ópticas: brillo, color, diafanidad, luminiscencia, fluorescencia, fosforescencia.
5. Propiedades organolépticas: olor, sabor, tacto.

Las propiedades físicas de los minerales que auxilian a su reconocimiento cuando no se dispone de instrumental específico para un análisis de laboratorio son: forma, tipo de fragmentación, tenacidad, el brillo y el color. (Campal N., Schipilow A. 2012).

3.2.3.1 Forma

La forma externa de un cristal correspondiente a una especie mineral cualquiera queda determinada por su velocidad de crecimiento. Las caras de crecimiento más rápido son las que presentan un desarrollo menor. En cambio, las más lentas se desarrollan más y muestran tendencia a hacer desaparecer a las otras.

Cuando un mineral forma parte de una roca, la forma que desarrolla un determinado cristal es función de diversos factores, algunos propios de su especie y otros que resultan del condicionamiento que determinan las especies minerales vecinas. (Campal N., Schipilow A. 2012).

Al desarrollo relativo del conjunto de caras de un cristal bajo la influencia de los factores físico-químicos del medio (temperatura, presión, radiactividad, concentración, viscosidad, etc.), que actúan durante su génesis, se le llama hábito (Figura 3.5).

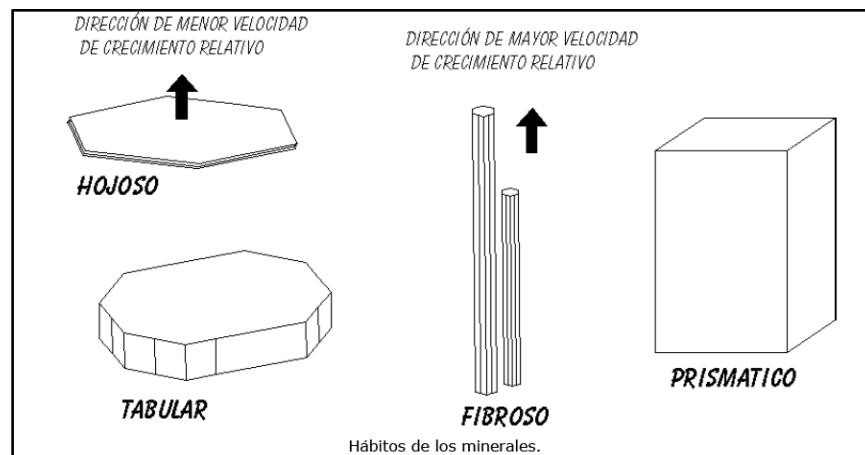


Figura 3.5 Tipos de hábitos que pueden distinguirse en los minerales. (Campal N., Schipilow A. 2012).

3.2.3.2 Fractura

Propiedad que depende de la cohesión, la ofrecen la mayoría de los minerales cuando los golpeamos o partimos, de presentar superficies irregulares de variados aspectos. Se puede distinguir diferentes tipos: concoidal, astillosa, ganchuda, terrosa e irregular. (Sivoli, A.; Cazabonne, C.1974).

3.2.3.3 Tenacidad

Propiedad físico-mecánica dependiente de la cohesión, que presentan los minerales de ofrecer mayor o menor resistencia a su deformación por la rotura, cuando los golpeamos o ejercemos sobre ellos una presión, lo que permite distinguir varias clases de tenacidad: elasticidad, flexibilidad, sectibilidad, ductibilidad, maleabilidad, fragilidad. (Sivoli, A.; Cazabonne, C 1974).

3.2.3.4 Brillo

Es una propiedad compleja del mineral, que describe la manera como la luz se refleja en la superficie del mismo. Depende de varios factores como el índice de refracción y el grado de pulimento de la superficie observada. Se pueden distinguir varias clases de brillo según la intensidad de la capacidad reflectora a veces muy brillante, débil o apagado. Haciendo comparaciones, y por la apariencia que presentan con otras cosas, el brillo o lustre de los minerales, puede ser: metálico, sub-metálico, adamantino, vítreo, nacarado, graso, sedoso, resinoso y mate. (Sivoli, A.; Cazabonne, C. 1974).

El brillo metálico parecido al de los metales pulidos, muy brillante. Es característico de los minerales opacos a causa de su fuerte absorción cromática. Se observa especialmente en las superficies de fractura, de exfoliación y pulituras artificiales. (Sivoli, A.; Cazabonne, C. 1974).

Las diversas variedades de brillo no metálico son características de las sustancias transparentes o translúcidas ; el brillo adamantino, típico del diamante y de las sustancias con alto índice de refracción; brillo vítreo, parecido al reflejo del vidrio; brillo graso semejante al de un objeto cubierto de aceite o grasa; brillo nacarado, minerales que presentan un brillo parecido al nácar o la perla; brillo

resinoso, presenta aspecto de una resina o la cera; brillo mate, es el típico de las sustancias terrosas o de las superficies que dispersan la luz en todas direcciones.(Sivoli, A.; Cazabonne, C. 1974).

3.2.3.5 Color

Consiste en la absorción de vibraciones cromáticas de la luz ordinaria y la reflexión de las otras vibraciones. El mineral al recibir la luz la deja penetrar al interior (refracción). Si no penetra, la refleja, lo que permite distinguir dos colores: refractado y reflejado. Esta propiedad no constituye una característica distintiva en la determinación de un mineral, ya que el mismo mineral puede presentar colores diferentes, y muchos minerales aparecen coloreados por impurezas, lo que impide observar su color. (Sivoli, A.; Cazabonne, C. 1974).

3.2.3.6 Dureza

Es la resistencia que ofrece la superficie lisa de un mineral a ser rayada. El grado de dureza viene determinado por la observación de la facilidad o dificultad relativa con que un mineral es rayado por otro o por una lima o punta de acero.

3.2.4 Análisis mineralógico

Está enfocado a la identificación de los minerales y al conocimiento detallado de sus propiedades físicas y químicas, cuya asistencia es de vital importancia en las diferentes etapas de desarrollo de un proyecto minero.

La observación microscópica, generalmente es el primer paso en toda investigación mineralógica, debido a que permite realizar estudios rápidos en base a

la observación y comparación de las propiedades físicas y/o químicas, que no pueden ser determinadas ópticamente, y permiten de este modo, la realización de estudios especiales orientados al conocimiento integral de uno o más minerales.

El análisis mineralógico, es una técnica de investigación geológica de laboratorio, dedicada a la obtención de datos mineralógicos necesarios para la evaluación y aprovechamiento de las materias primas minerales. (Candiotti H. 1980).

3.2.5 Tipos litológicos de los yacimientos del Distrito Ferrífero Piar

A través de la caracterización mineralógica, se han definido diferentes tipos litológicos, agrupados en menas de alto tenor, menas de bajo tenor y estéril (Tabla 3.1). (CVG Ferrominera Orinoco. 2014)

Tabla 3.1 Tipos de mena de los yacimientos del Distrito Ferrífero Piar.

Tipos de Mena		
Menas de Alto Tenor (> al 55 % de Fe seco)	Menas Blandas	Finos Negros
		Finos Marrones
		Limonita Amarilla
	Menas Duras	Costra Hematítica (Vh)
		Costra Goetítica (Vg)
		Costra Masiva (Vg,Vh,Vy)
		Costra Silícea (Vs)
		Costra Laminada (Vp)
		Costra Limonítica (Vy)
		Canga (C)
Menas de Bajo Tenor (< al 55 % de Fe seco)	Cuarcita Ferruginosa Friable.	
	Cuarcita Ferruginosa Dura.	
Material Estéril	Laterita	
	Gneis	

3.2.5.1 Menas de alto tenor

- Menas Blandas: son llamadas finas y su aspecto es como arena suelta, son moderadamente hidratados con alta porosidad. Si presentan textura laminar son llamados finos laminados. Suelen ocurrir en grandes masas debajo de las menas duras o interestratificados con ellas, formando bolsadas que se estrechan en profundidad (Figura 3.6). Se clasifican en los siguientes subtipos:

Finos Negros: están compuestos de hematita (como producto de alteración de magnetita), con una baja proporción de 2-3% de goethita,

pequeñas cantidades de cuarzo y arcilla. Tiene color gris metálico y contiene un 69 % de hierro seco.

De acuerdo al contenido de sílice, esta mena se subdivide a la vez en: finos negros silíceos (Bs, Bsy, Bsg) y finos negros muy silíceos (Bv).

Finos Marrones: muestra una pequeña variación química en comparación con los finos negros, dada por un incremento del contenido de alúmina y pérdida por calcinación, debido al aumento de goethita y minerales alumínicos. Presenta un color marrón claro, se encuentra sobre los finos negros y debajo de las costras superficiales.

También los finos marrones se subdividen de acuerdo al contenido de sílice en: finos marrones silíceos y finos marrones muy silíceos.

Limonita Amarilla: está constituida por limonita terrosa, porosa, de color amarillo ocre y, minerales de arcilla en menor cantidad. Está compuesta por goethita criptocristalina y agua capilar o de absorción. Está considerada como producto de la meteorización de formaciones ferrosas altamente ricas en ferrosilicatos. Se caracterizan por un alto contenido de agua de cristalización (más o menos 8%) y tenor de 56 a 60 % de Fe.



Figura 3.6 Menas blandas de alto tenor. (CVG Ferrominera Orinoco. 2014).

- Menas Duras: son llamadas costras; usualmente se concentran en las áreas superficiales del depósito cubriendo las bolsas de finos (Figura 3.7). Los tipos más frecuentes son:

Costra Hematítica (Vh): está compuesta principalmente de hematita especular. Su composición química es muy similar a la de los finos negros, pero su principal diferencia radica en su contenido de alúmina y sílice, y pérdida por ignición. Las costras hematíticas van desde homogéneas y con cristales desarrollados, los cuales pudieran ser agregados de hematita primaria, hasta finalmente laminadas y bandeadas.

Costra Limonítica (Vy): sus principales componentes son hematita, goetita y limonita en diferentes proporciones. En proporciones muy pequeñas de un orden menor al 5 % se encuentran minerales como cuarzo, caolinita, gibsitita y otros. Presentan un incremento en el contenido de alúmina y fósforo. Normalmente se desarrollan en la parte superior de los finos marrones muy hidratados.

Costra Goetítica (Vg): es masiva, dura y frágil, de brillo opaco de color marrón o negro, estas goethitas son puras; la limonita está presente en pequeñas cantidades. Muestra un alto contenido de fósforo y la alúmina se incrementa debido a la presencia de hidróxido de aluminio (gibbsite). Aquellos minerales diferentes de los óxidos e hidróxidos se encuentran en proporciones menores al 5%. Su contenido de hierro es aproximadamente 60 %.

Costra Masiva (Vg, Vy, Vh): está compuesta por proporciones variables de goethita, limonita y hematita. Generalmente la masa es de textura porosa, la cual contiene fragmentos de otros tipos de menas sin laminación que corresponden a una meteorización superficial avanzada, con precipitación intensiva de hidróxidos de hierro. Esta costra cubre bolsadas de finos. El contenido de hierro es aproximadamente 62 %.

Costra Laminada (Vp): está compuesta por proporciones variables de goethita y hematita, distribuidas en finas láminas alternadas, algunas veces frágiles y quebradizas, de acuerdo a su mineralogía estas pueden ser: costras hematíticas laminadas, costras goetíticas laminadas o costras limoníticas laminadas. Alcanzan contenidos de hierro seco de hasta 67 % y se desarrollan típicamente en los flancos superiores de los depósitos en contacto con cuarcitas ferruginosas.

Costra Silíceas (Vs): presentan granos de cuarzo residuales de Cuarcitas Ferruginosas. Contienen entre 2 y 6 % de sílice y puede exhibir textura masiva y/o laminada. Por lo general recubren menas silíceas deleznable o cuarcitas frescas o meteorizadas.

Canga (C): son costras sílico-alumínica formada en las pendientes, plataformas y áreas adyacentes a menas de costra de alto tenor, por cementación de hidróxidos de fragmentos desprendidos y concentrados por efectos mecánicos. Se considera una mena marginal que alcanza tenores de 56% de (Fe) seco.



Figura 3.7 Menas duras de alto tenor.

3.2.5.2 Menas de bajo tenor

- **Cuarcita Ferruginosa Friable:** es una cuarcita parcialmente lixiviada por remoción incipiente de sílice. De acuerdo al grado de meteorización, su tenor puede variar entre 45 % y 55 % de hierro. A profundidad es transformada en cuarcita ferruginosa dura o se encuentra en contacto directo con la laterita. Está compuesta por granos de hematita, martita y la ganga es principalmente cuarzo (Figura 3.8).
- **Cuarcita Ferruginosa Dura:** constituye la roca fresca primaria de la cual se originan las menas de hierro. Tienen color gris y presenta una estructura bandeada bien definida con un espesor que varía desde 0.5

mm hasta varios centímetros, con granos minerales uniformemente diseminados. Algunas cuarcitas ferruginosas presentan estructuras hojosas con lentejones irregulares de cuarzo y óxido de hierro como resultante de la intensa reorganización metamórfica. En otras partes, las cuarcitas son macizas, sin esquistosidades ni bandeamiento definido. Estas cuarcitas ferruginosas presentan la siguiente mineralogía: magnetita, hematita, poca goethita y en proporciones menores mica, anfíbol, calcita y apatito (Figura 3.8).



Figura 3.8 Menas de bajo tenor. (CVG Ferrominera Orinoco. 2014).

3.2.5.3 Material estéril

- Laterita: Son realmente litomargas o arcillas residuales, como producto de la meteorización profunda de gneises, esquistos y rocas intrusivas adyacentes o intercaladas con las cuarcitas ferruginosas y menas de hierro. Presenta un color blanco, rosado o pardo y estructura bandeada remanente de la foliación de las rocas primarias. Su alto contenido en sílice (30%) y bajo contenido de hierro (10% a 15%) la clasifican como material estéril. Ocurren principalmente en los flancos de los yacimientos (Figura 3.9).

- Gneis Rosado: Roca perteneciente al grupo de los granitoides, con composición cuarzo, feldespato, biotita con microclino, de grano medio a grueso y bandeamiento bien desarrollado (Figura 3.9).

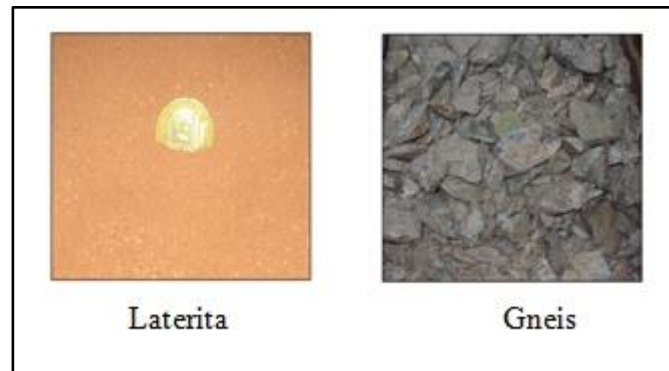


Figura 3.9 Material estéril. (CVG Ferrominera Orinoco. 2014).

3.2.6 Rango de composición química por tipo de mena

Los grupos litológicos descritos en el punto 3.2.5 presentan rangos de composición química que ayudan a su identificación (Tabla 3.2; 3.3;3.4;3.5).

Tabla 3.2 Menas blandas de alto tenor. Departamento de Geología, C.V.G. Ferrominera Orinoco.

Símbolo	Nombre de la Unidad	% Fe (seco)	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% PPC	% P
B	Finos Negros	65-69	0-2	0-2	0-2	0,010-0,060
Bs	Finos Negros Silíceos	63-65	2-6	0-2	0-2	0,010-0,060
Bv	Finos Negros muy Silíceos	55-62	> 6	0-2	0-2	0,010-0,060
Bpv	Finos Negros muy Silíceos Laminados	55-62	> 6	0-2	0-2	0,010-0,060
By	Finos Negros Limoníticos	63-67	0-2	0-2	3-7	0,080-0150
F	Finos Marrones	64-67	0-2	0-2	2-3	0,010-0,080
Fpy	Finos Marrones Limoníticos Laminados	63-66	0-2	0-2	3-8	0,080-0,160
Fs	Finos Marrones Silíceos	62-66	2-6	0-2	2-3	0,010-0,080
Fv	Finos Marrones muy Silíceos	55-66	> 6	0-2	2-3	0,010-0,080
Y	Limonita	56-60	1-6	1-6	7-12	0,120-0,300

Tabla 3.3 Menas duras de alto tenor. Departamento de Geología, CVG. Ferrominera Orinoco.

Símbolo	Nombre de la Unidad	% Fe (seco)	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% PPC	% P
Vh	Costra Hematítica	64-69	0-2	0-2	0-2	0,010-0,060
V	Costra Masiva	62-67	0-2	0-2	2-6	0,060-0,080
Vb	Costra Bandeada	62-67	0-2	0-2	2-6	0,060-0,080
Vp	Costra Laminada	62-67	0-2	0-2	2-6	0,060-0,080
Vy	Costra Limonítica	60-62	0-2	0-2	5-9	0,080-0,250
Vc	Costra Recementada	64-68	1-3	0-2	4-8	0,030-0,130
Vg	Costra Goetítica	58-63	0-3	0-2	7-12	0,100-0,250
Val	Costra Alumínica	58-65	1-2	0-2	9-12	0,060-0,100
Vps	Costra Laminada Silíceas	60-66	2-6	0-2	4-8	0,060-0,080
Vpv	Costra Laminada muy Silíceas	55-62	> 6	0-2	4-8	0,060-0,080
C	Canga	55-57	3-5	2-5	5-11	0,050-0,120

Tabla 3.4 Menas duras de bajo tenor. Departamento de Geología, CVG. Ferrominera Orinoco.

Símbolo	Nombre de la Unidad	% Fe (seco)	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% PPC	% P
Iff	Cuarcita Ferruginosa Friable	45-55	18-35	0-2	0-2	0,015-0,080
IF	Cuarcita Dura	30-45	35-55	0-2	0-2	0,010-0,050

Tabla 3.5. Estéril. Departamento de Geología, CVG. Ferrominera Orinoco.

Símbolo	Nombre de la Unidad	% Fe(seco)	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% PPC	% P
Lc	Canga Laterítica	30-40	5-15	8-12	5-15	0,030-0,080
Lat	Laterita	5-30	10-70	10-20	10-15	0,030-0,080

3.2.7 Productos del mineral de hierro comercializados por CVG Ferrominera Orinoco

1. Finos: Estos se dividen a la vez en tres productos: Finos Sinter Ferrominera (FSF), Finos San Isidro (FSI) y Finos para Pellas Ferrominera (FPF).
2. Gruesos: Se dividen en tres productos Gruesos Ferrominera Palúa (GFP), Grueso Ferrominera (GF) y Gruesos San Isidro Calibrado (GSIC).
3. Pella: Pellas para Reducción Directa (PM7).
4. Briqueta: Hierro briqueteado en caliente (HIB).

3.2.8 Propiedades que determinan la reducción de un mineral

1. Tamaño de la partícula.
2. Forma de la partícula.
3. Distribución del tamaño de partícula.
4. Porosidad.
5. Distribución del tamaño de los poros.
6. Contenido y distribución de la ganga. (Bardellini, K. 2007).

3.2.9 Parámetros químicos que debe cumplir el mineral para la reducción directa

1. El FeT > 67% para la reducción directa.
2. Los elementos tales como Al, Si y TiO₂ (ganga ácida) deben ser bajos hasta 3% máx.
3. El CaO y MnO (ganga básica) deben ser baja de 3% máx.; actúan como fundente en los procesos de aceración.
4. El fósforo hasta en 0,3% máx. (puede ser removido en el proceso de aceración).
5. El azufre hasta un 0,08% máx. (Durante el proceso de reducción es liberado y forma parte del gas a reformar afectando el catalizador del reformador).
6. El manganeso debe ser bajo en contenido y parte de él se puede eliminar en las escorias en los procesos de aceración.
7. El sodio y el potasio (álcalis) deben ser bajos y estos promueven la abrasión y la degradación durante la reducción.
8. La humedad libre y pérdida por calcinación, deben ser bajas ya que durante el calentamiento se genera CO₂ y vapor de H₂O, aumentando el volumen de gas producido y el consumo de calor. (Bardellini, K. 2007).

3.3 Términos Básicos

3.3.1 Mineral Calibrado

Estos son productos tamizados con granulometrías mayores a 12 mm por lo cual el límite superior de su tamaño es muy variable. Este puede ser de 15 mm y tan alto como 50 o 70 mm. El límite superior más usual es de 30 mm. Después de tamizar finos adheridos, los productos pueden ser usados bajo las mismas condiciones que las pellas, y produce una alta proporción de finos en el proceso de reducción.(C.V.G Ferrominera Orinoco. 2012).

3.3.2 Muestra

Cantidad relativamente pequeña de mineral, natural o procesado, tomado de un lote mediante una técnica de muestreo, que ha de ser representativo para ser evaluado con respecto a las características de calidad.(CVG Ferrominera Orinoco. 2012).

3.3.3 Muestreo

Es una operación o secuencia de operaciones que apuntan hacia la obtención de una o más muestras de un lote.(CVG Ferrominera Orinoco. 2012).

3.3.4 Sector de una pila

Es una porción de la pila, formada por un conjunto de capas de mineral, depositadas horizontalmente en un rango previamente definido “metraje”.(CVG Ferrominera Orinoco. 2012).

3.3.5 Patio de almacenamiento

Es un espacio con dimensiones definidas para la conformación de pilas y realizar el proceso de homogeneización del mineral de hierro. (CVG Ferrominera Orinoco. 2012).

3.3.6 Promedio Ponderado

Se utiliza para nombrar a un método de cálculo que se aplica cuando, dentro de una serie de datos, uno de ellos tiene importancia mayor, es decir, un dato que tiene mayor peso que otros. El promedio ponderado consiste en establecer dicho peso, también conocido como ponderación, y utilizar el valor para realizar el cálculo promedio. (Gardey, A.; Pérez J. 2013).

3.3.7 Reducibilidad

Es la facilidad de los óxidos de hierro del mineral para ceder oxígeno por la acción de los elementos reductores. (Bardellini, K. 2007).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y diseño de la investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Según el tipo de investigación es aplicada y descriptiva. Es aplicada, el proyecto intenta encontrar una respuesta, desarrollando tareas que ejecuta el personal de la Superintendencia de Calidad Fino y Grueso; poniendo en práctica los conocimientos de propiedades ópticas de los minerales y ensayos de laboratorio según lo permita la empresa.

Garza, A. (2007), indica que una investigación aplicada: “Se define como el desarrollo, en el contexto industrial, cuando está orientada a la producción de materiales, instrumentos, sistemas, métodos, procedimientos y modelos”.

También se considera descriptiva, dado a que se detalla los pasos a seguir para el desarrollo de la investigación, además se recaudan e interpretan los datos de diversos aspectos o componentes, relacionados entre sí y evaluando su comportamiento.

Arias, F. (2006) “Una investigación descriptiva, consiste en la caracterización de un hecho o fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento.

4.1.2 Diseño de la investigación

Según el diseño de investigación es documental, ya que se realizó una compilación bibliográfica y datos estadísticos resultado de trabajos anteriores, que sustenta la investigación.

Arias, F. (2006), “la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos”.

4.2 Población y muestra de la investigación

4.2.1 Población de la investigación

Según Bavaresco, A. (2001), la define como: “El conjunto de unidades físicas (personas u objetos) a las cuales se les mide una característica, constituyen el universo del cual pueden obtenerse características distintas”.

El objeto de estudio corresponde a la caracterización del patio radial, con progresivas desde 0 a los 90m, con una población de 15.800 toneladas de mineral Grueso San Isidro Calibrado (GSIC).

4.2.2 Muestra de la investigación

Balestrini, M. (2002), señala que una muestra es: “Una parte representativa de la población, cuyas características deben reproducirse en ella, lo más exactamente posible”.

Se tomaron nueve (9) muestras por fracción de un lote, con distancia cada 10 m, en la falda de la pila en cada sector, de aproximadamente 18 Kg de mineral de hierro grueso.

4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el transcurso de la investigación se utilizaron varias técnicas de recolección de información, las cuales permitieron la observación interpretativa y recopilación documental para la realización de la caracterización del patio radial, que serán almacenadas a través de instrumentos de recolección de datos, para su posterior análisis e interpretación.

Arias, F. (2006): “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”.

A continuación, se describen los instrumentos utilizados:

1. Computadoras portátiles con sus respectivas unidades de almacenamiento, paquetes de Microsoft Office y Linux.
2. Documentos escritos de publicaciones no periódicos.
3. Documentos en internet y bases de datos estadísticos.

4.4 Flujograma de la investigación

Se presenta el flujograma de las tareas realizadas para el desarrollo de la investigación (Figura 4.1).

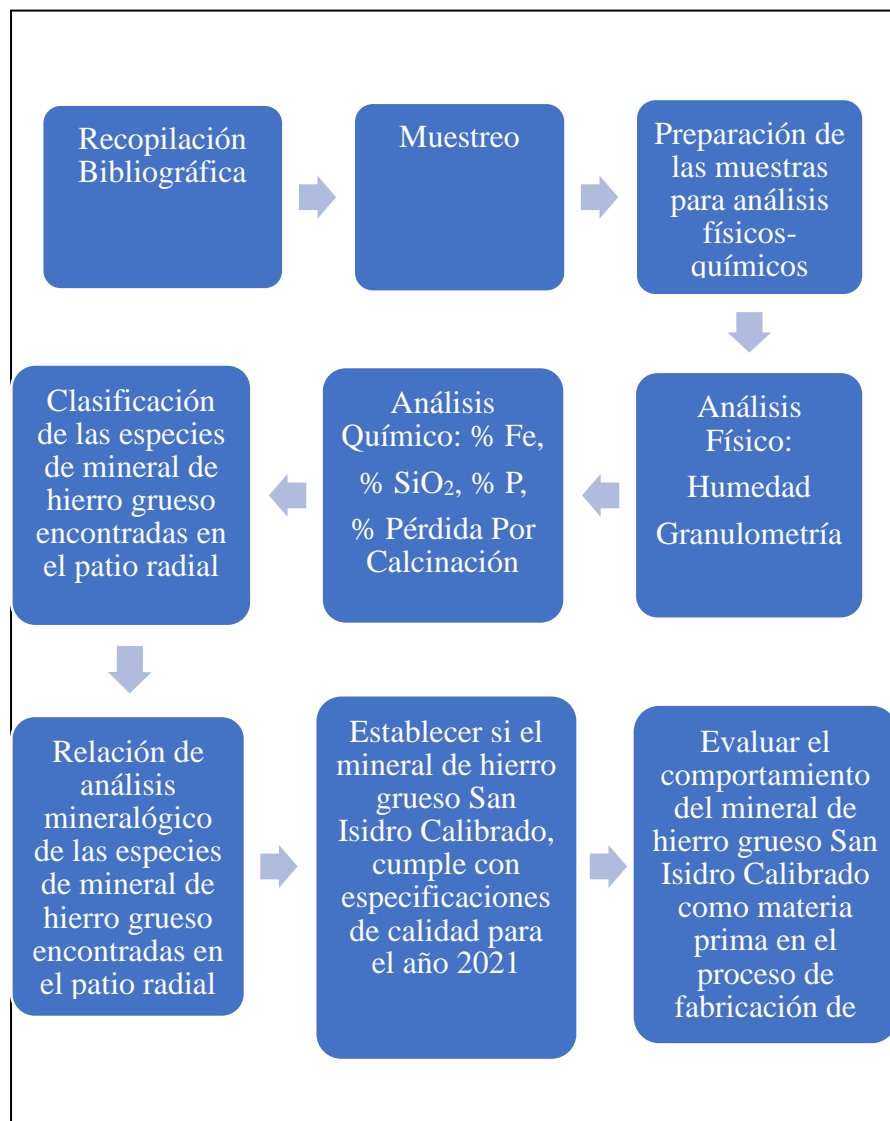


Figura 4.1 Flujograma de la investigación.

4.5 Descripción del flujograma de investigación

4.5.1 Recopilación bibliográfica

Se realizó una compilación bibliográfica que permitió desarrollar la investigación mediante la consulta a trabajos de grados, base de datos e informes relacionados al tema.

4.5.2 Muestreo

El patio radial cuenta con un espacio de almacenamiento del mineral de 90m, tiene forma de semicírculo, identificada cada 10m, con un total de nueve sectores. Se tomaron muestras de mineral de hierro Grueso San Isidro Calibrado identificado con las siglas GSIC, de aproximadamente 18 kg, cada 10 metros, para un total de nueve (9) muestras (Figura 4.2).

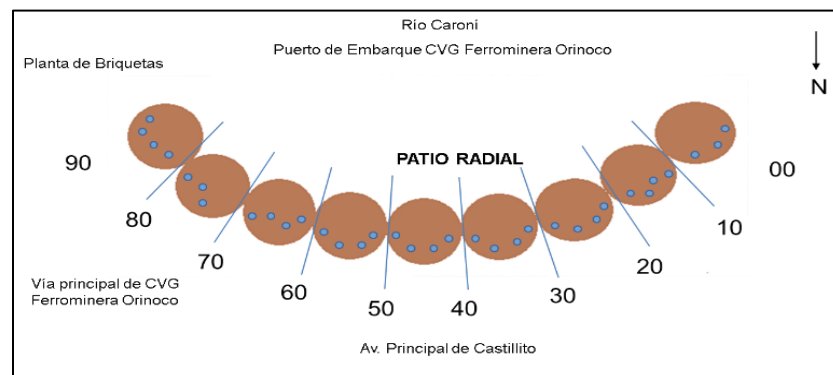


Figura 4.2 Vista de planta del patio radial. Identificación de zona de muestreo.

4.5.3 Preparación de muestras para análisis físicos-químicos

Antes de realizar los ensayos físicos- químicos de las muestras, se siguen los procedimientos de las prácticas de trabajo seguro (PTS) de la empresa para la preparación de la muestra de mineral de hierro grueso, que se encuentra descrito en 105-PTS-026 “Preparación de muestras para análisis físicos y químicos- Puerto Ordaz”.

1. Referencia: normas COVENIN 3617 2000 Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos. “Métodos de Muestreo y Preparación de Muestras”, ISO 3082-1998 Iron Ores “Sampling and Sample Procedures”.

2 Propósito: obtener una porción representativa y suficiente homogénea que garantice la obtención de resultados confiables

4.5.3.1 Equipos y herramientas

1. Cuarteador mecánico con aberturas graduables.
2. Horno de secado con temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
3. Pulverizador de anillos.
4. Balanza con apreciación de 0.1g.
5. Triturador de mandíbulas.
6. Bandejas de 30 x 20 cm y 40 x 50 cm.
7. Cepillo.
8. Bolsas plásticas desechables.
9. Marcadores.

4.5.3.2 Procedimiento

- Preparación de muestras de mineral grueso
 1. Seleccionar el cuarteador para mineral grueso con abertura de 3" a 4", este proceso se realiza para obtener dos porciones iguales: una para análisis químico y la otra para análisis físico (granulometría más humedad). (Figura4.3).



Figura 4.3 Cuarteador de mineral de hierro grueso.

2. Vaciar la muestra contenida en las bolsas plásticas sobre el cuarteador limpio de residuos de otras muestras. Para el caso de mineral grueso de 20 a 30 Kg. (Figura 4.4).
3. Accionar el cuarteador moviendo la palanca, realizando el trabajo en forma rápida y segura sin derramar mineral.



Figura 4.4 Muestra en proceso de homogeneización.

4. Homogeneizar las muestras en el cuarteador de 4 veces, para ello debe verter las bandejas recolectoras del equipo en la parte superior del mismo y accionar la palanca nuevamente.
 5. Dividir la muestra para análisis físico en dos porciones: una para análisis físico y la otra porción para testigo de la muestra.
 6. Identificar la muestra para análisis físico y químico.
- Preparación de muestras para análisis químico
1. Triturar la muestra de mineral grueso, utilizando el triturador de mandíbulas con una abertura de 22,4 mm ó 10 mm.(Figura 4.5).



Figura 4.5 Trituradora de mandíbula (izq.). Muestras trituradas (der.).

2. Triturar la muestra en el molino de rodillos con abertura de un milímetro (1 mm). (Figura 4.6).



Figura 4.6 Molino de rodillos (izq.). Muestras molidas (der.).

3. Colocar una fracción de $\pm 200\text{g}$ en una bandeja de aprox. $30 \times 20\text{cm}$ e identificarla.
4. Llevar la muestra con la identificación al horno de secado con una temperatura de $105^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C}$, de 10 a 20 minutos.
5. Pulverizar una vez seca la muestra para análisis químico en el pulverizador de anillos, hasta obtener una reducción de $+ 149$ micrones ($0,149 \text{ mm}$). (Figura 4.7).



Figura 4.7 Pulverizadora de anillos (izq.). Anillos de pulverizado (der.).

6. Homogeneizar la muestra y colocarla en una pequeña bolsa plástica desechable, identificándola con un marcador(Figura 4.8).



Figura 4.8 Identificación de la muestra.

7. Trasladar la muestra hasta la ventanilla del laboratorio químico de CVG Ferrominera Orinoco (Gerencia de Calidad. Puerto Ordaz), donde se analiza el porcentaje de FeT, SiO₂, P, PPC, que presenta la muestra.

4.5.4 Determinación del contenido de humedad

Se determinó el contenido de humedad por medio de la práctica de trabajo seguro 105-PTS-028 “Determinación del contenido de humedad de un lote”.

Referencia: normas COVENIN 1723 2000 Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos. “Determinación del Contenido de Humedad, en un lote”, ISO 3087-1998 Iron Ores – “Determination of Moisture Content of a lot”.

4.5.4.1 Equipos y herramientas

1. Balanza digital con capacidad de 60 Kg y resolución de 0,01 Kg.
2. Horno de secado con temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
3. Bandejas metálicas.
4. Guantes de carnaza.

4.5.4.2 Procedimiento

1. Pesar una bandeja de 40x50 cm en la balanza de 60 Kg, luego anotar el peso de la bandeja (P.B).
2. Pesar de 4,0 a 5,0 Kg de muestra en la bandeja, anotar el peso de la bandeja con la muestra húmeda (P.H).
3. Identificar la muestra.
4. Colocar la bandeja con la muestra identificada en el horno a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 4 horas.
5. Sacar la bandeja con la muestra seca y dejar enfriar.
6. Pesar la bandeja con la muestra seca en la balanza con capacidad de 60 Kg, registrar el peso de la bandeja con la muestra seca (P.S).

7. Calcular el porcentaje de la humedad usando la formula siguiente:

$$\%humedad = \frac{P.H-P.S}{P.H-P.B} \times 100 \quad (4.1)$$

Donde:

P.H: peso de bandeja con muestra húmeda.

P.S: peso de bandeja con muestra seca.

P.B: peso de bandeja.

8. Registrar los resultados con dos decimales.

4.5.5 Análisis granulométrico

Para verificar la distribución granulométrica de las muestras se siguió la práctica de trabajo seguro 105-PTS-029.

Referencias:normas COVENIN 2231:2000 Mineral de Hierro y Productos Siderúrgicos “Determinación de la Distribución de Tamaño por Tamizado”; COVENIN 2232-85 “Ensayo de Tamizado”, ISO 4701 1999 Iron Ores. “DeterminationofSizeDistributionbySieving”.

4.5.5.1 Equipos y herramientas

1. Tamizadora para mineral grueso con tamices de aberturas cuadradas con área de cribado de 37 cm x 57cm.
2. Balanza con capacidad de 60 Kg, y resolución de 0,01 Kg.

4.5.5.2 Procedimiento

1. Utilizar los siguientes tamices para mineral Grueso: 2", 1 3/4", 1 1/4", 1", 5/8", 1/2", 3/8", 1/4" y -1/4" (PAN o recolector de finos).



Figura 4.9 Tamizadora con muestra cargada.

2. Cerrar la tapa superior y frontal de la tamizadora, ajustando los tamices y tamizar durante 3 minutos.
3. Vaciar \pm 13 kg de muestra natural en la parte superior de los tamices ordenados en la tamizadora Gilson (Figura 4.9).
4. Abrir la tapa de la tamizadora y pesar cada una de las fracciones retenidas, (Figura 4.10), registrar los datos obtenidos de cada fracción, en los formatos.



Figura 4.10 Pesaje del mineral retenido en cada tamiz.

5. Calcular el porcentaje retenido de cada fracción de la siguiente manera:

$$\%Ret. = \frac{\text{Peso del mineral ret. en cada malla (Kg)}}{\sum \text{Peso del mineral ret. en cada malla (Kg)}} \times 100$$

(4.2)

4.5.6 Composición química de las muestras estudiadas, mediante la determinación del contenido de sílice, fósforo y pérdida por calcinación

Los análisis químicos tanto para muestras por sector (metrajes), como para muestras por grupos litológicos (tipos de menas), fueron realizados por el personal técnico de laboratorio químico Puerto Ordaz, siguiendo los PTS, nombrados a continuación:

1. Determinación del contenido de hierro total. Método del cloruro de titanio y titulación con dicromato de potasio. 105-PTS-046. Norma COVENIN 3479 (2001). (realizado en muestras por grupo litológico).

2. Determinación de sílice. Método gravimétrico. 105-PTS-036. Norma COVENIN 1228-1 (2000).
3. Determinación cuantitativa del fósforo. Método espectrofotométrico del vanadato amónico. 105-PTS-038. Norma COVENIN 1686 (2000).
4. Determinación de la pérdida por calcinación. 105-PTS-037. Norma COVENIN 1724-98.

4.5.7 Clasificación de las especies de mineral de hierro existentes en el patio radial por tipo de mena

Se siguió un procedimiento estándar para clasificar las menas de hierro duras en las nueve muestras por sector, descrito a continuación.

4.5.7.1 Equipos y Herramientas

1. Bolsas plásticas desechables
2. Marcadores
3. Bandejas metálicas
4. Balanza con capacidad de 20 Kg, y resolución de 0,01 Kg.

4.5.7.2 Procedimiento

1. Se tomó una muestra representativa de ± 5 kg por sector, estas fueron lavadas y dejadas secar.

2. Por medio de propiedades físicas (brillo, fractura, color, dureza) de los minerales, se seleccionó y clasificó en grupos litológicos de mineral de hierro (Figura 4.11).
3. Una vez clasificada, fueron separadas en bolsas de plásticos e identificadas.
4. Para su cuantificación, se pesó cada grupo y registró en un formato.
5. Se calculó del porcentaje en peso de las muestras.



Figura 4.11 Clasificación en grupos litológicos de la muestra GSIC2030.

4.5.7.3 Validación de la clasificación litológica, por medio de análisis químicos comparados con los rangos establecidos por CVG Ferrominera Orinoco

Los grupos de especies de mineral de hierro anteriormente clasificados en los sectores, se homogeneizaron para obtener grupos totales de todo el patio, y siguió el procedimiento de preparación de muestras para análisis químico. Obtenidos los %FeT, %SiO₂, %P, %PPC, se compararon con los rangos litológicos que se aprecian en las Tablas del apartado 3.2.6, por el cual se verificó y corrigió la clasificación.

4.5.8 Análisis mineralógico de las especies litológicas encontradas en el patio radial

Debido a limitaciones económicas no fue posible realizar recientes análisis mineralógicos a las especies de mineral hierro grueso encontradas en abundancia en el patio radial; y por similitud en las características macroscópicas de los distintos tipos de menas estudiadas en el año 2014 (trabajo de investigación de propia autoría), se da a conocer los resultados de 6 muestras que corresponde a costra hematítica, costra laminada, costra limonítica, costra goetítica, costra masiva y cuarcita ferruginosa dura; las cuales se obtuvieron por microscopia óptica de luz reflejada para la identificación de minerales opacos, en rocas pulidas y una sección minerográfica en montura plástica (bakelita), esta interpretación fue realizada por el Instituto Nacional de Geología y Minas (INGEOMIN).

4.5.9 Establecer si el mineral de hierro grueso San Isidro Calibrado, cumple con las Especificaciones de Calidad para el año 2021, evaluando las características físico-química de las muestras estudiadas

Se compara la caracterización físico- química de las 9 muestras por sector y los 7 grupos litológicos identificados en el patio radial, mediante resultados expuestos por media aritmética y media ponderada. En vista de constatar si el producto GSIC se encuentra dentro de las especificaciones de calidad para el año 2021 vigente.

4.5.10 Evaluar el comportamiento del mineral hierro Grueso San Isidro Calibrado como materia prima en el proceso de fabricación de briquetas, según su caracterización físico-química e incidencia de especies litológicas de mineral de hierro

El mineral de hierro Grueso San Isidro Calibrado fue recuperado y trasladado a planta de briqueta por medio de cintas transportadoras, pasando inicialmente por una cernidora que controla las dimensiones del mineral que entrara al reactor, con dimensiones entre 24.80-6.35 mm, por lo que se generó dos pilas de rechazo, una de mineral de hierro grueso con sobre tamaño, y otra con finos adheridos al grueso y finos generados por degradación de las pellas.

El personal de planta de briqueta llevo un control diario de la calidad de la materia prima con la que se alimentó el reactor, por lo que se amplió el muestreo del patio radial, con un total de 48 muestras, lo que optimiza la caracterización físico-química que se tenía al inicio de la investigación, estos resultados permitieron verificar la calidad del producto y definir la distribución de alimentación.

Además, se realizó un análisis teórico sobre la influencia de las características químicas de las especies litológicas identificadas en el patio radial, según su incidencia en los sectores, como materia prima en el proceso de reducción directa. Los datos se representan mensual, para mejor manejo de la información.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Determinación de las características físicas de las muestras de mineral de hierro grueso, a través del contenido de humedad y análisis granulométrico

5.1.1 Contenido de Humedad

La humedad indica la cantidad de agua libre que está contenida en el mineral de hierro, que debido a su estructura absorben fluidos a través de pequeños vacíos en su interior. Es expresado en porcentaje y representa una proporción de masa de muestra húmeda con respecto a la masa de muestra después de ser secada, en un lapso de 4 horas (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Contenido de humedad de las muestras por sector en patio radial.

Muestra	Peso de la bandeja (Kg)	Peso bandeja + mineral húmedo (Kg)	Peso bandeja + mineral seco (Kg)	Peso del mineral seco (Kg)	Peso mineral húmedo (Kg)	Humedad (%)
1	0.54	4.90	4.88	0.02	4.36	0.55
2	0.53	4.59	4.56	0.03	4.06	0.74
3	0.50	4.17	4.14	0.03	3.67	0.82
4	0.52	3.57	3.52	0.05	3.05	1.64
5	0.51	3.96	3.90	0.06	3.45	1.74
6	0.53	3.18	3.13	0.05	2.65	1.89
7	0.51	5.58	5.50	0.08	5.07	1.58
8	0.53	5.62	5.56	0.06	5.09	1.18
9	0.51	4.85	4.76	0.09	4.34	2.07

La humedad de las muestras varían entre 0,5-2%, valores por debajo de lo esperado, habiendo diferentes causas que pudieron modificar sus características naturales, una de ellas pudo ser el tiempo de apilamiento; el mineral estuvo almacenado en el patio durante 4 meses, expuesto a condiciones climáticas variables, el muestreo se realizó en temporada de pocas precipitaciones y distintos días con alta incidencia de sol; otra causa probable, la forma de muestreo, por ser un mineral de hierro grueso dificultó ser removido suficiente mineral externo para tomar el que se encontraba hacia el interior de la pila; se hace la acotación, que el mineral de hierro grueso se toma correctamente en el patio radial cuando se conforman las pilas.

5.1.2 Análisis granulométrico

Los análisis granulométricos se realizaron mediante el tamizado de las muestras, para conocer las dimensiones y distribución del tamaño del mineral de hierro grueso dentro de la escala granulométrica, así vigilar el calibrado del mismo (Tabla 5.2). A continuación, se indican los resultados para la muestra 1 con peso total 15,19Kg (Apéndice A).

Tabla 5.2 Análisis granulométrico de la muestra GSIC0010.

Muestra	Malla		Peso Ret. (Kg)	% Ret.	% Ret. Acumulado	% Pasante
	N°	Abertura (mm)				
GSIC0010	2"	50	0,00	0,00	0,00	100,00
	1 3/4"	45	1,26	8,29	8,29	91,71
	1 1/4"	32	5,20	34,23	42,53	57,47
	1"	25	2,77	18,24	60,76	39,24
	5/8"	16	3,22	21,20	81,96	18,04
	1/2"	12,5	1,09	7,18	89,14	10,86
	3/8"	9,5	0,57	3,75	92,89	7,11
	1/4"	6,3	0,42	2,76	95,66	4,34
	-1/4"		0,66	4,34	100,00	0,00
		Σ	15,19	100		



Figura 5.1 Distribución del tamaño del mineral de hierro desde la malla 1 3/4" a PAN (izq. a der.).

Se representa en forma de curva la granulometría la muestra 1; el porcentaje pasante “eje de las ordenadas” contra la medida de las aberturas de mallas en mm “eje de las abscisas” (Figura 5.2).

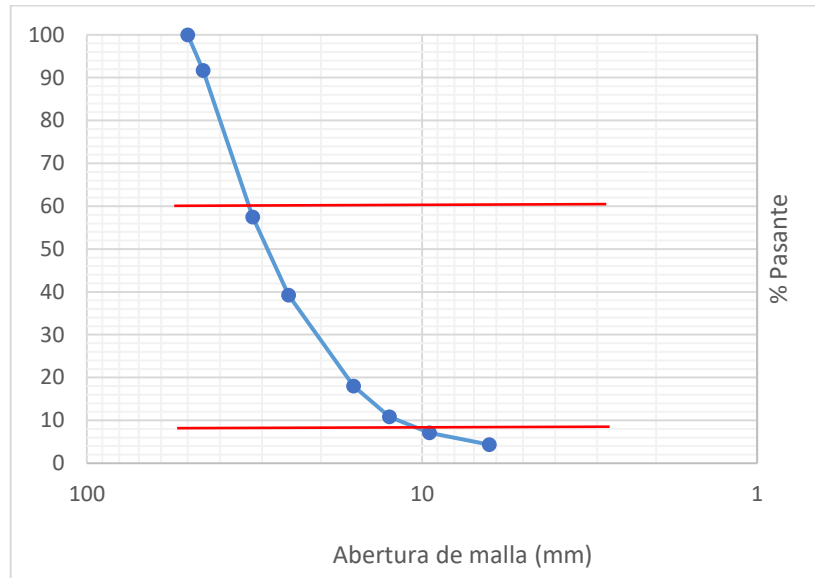


Figura 5.2 Gráfico de la curva granulométrica para muestra 1 (GSIC 0010).

Se evidencia que en la malla 2" (abertura de 50mm) pasa 100% del mineral (Figura 5.2), es decir que no se encontraron costras con sobre tamaño, quedando acumulado gran cantidad de la muestra en las mallas 1 1/4", 1", 5/8" (porción indicada en el gráfico entre líneas de color rojo), el mineral de hierro GSIC tiene mayor porcentaje de muestra con distribución de tamaños entre los 32-16mm.

Tabla 5.3 Características físicas de las muestras en el patio radial año 2021.

MUESTRA	N°	%H2O	% +2"	% +1 3/4"	% +1"	% +1/2"	% +1/4"	% - 1/4"
GSIC0010	1	0.55	0.00	8.29	52.47	28.38	6.51	4.34
GSIC1020	2	0.74	0.00	8.90	64.46	20.92	1.55	4.16
GSIC2030	3	0.82	2.52	10.95	64.04	18.51	1.53	2.46
GSIC3040	4	1.64	3.77	7.70	58.70	23.76	2.60	3.49
GSIC4050	5	1.74	0.00	11.76	65.68	17.14	2.91	2.51
GSIC5060	6	1.89	4.18	7.49	45.15	28.46	7.80	6.92
GSIC6070	7	1.58	0.00	8.08	47.10	29.64	9.32	5.86
GSIC7080	8	1.18	0.00	5.24	69.87	15.47	4.12	5.30
GSIC8090	9	2.07	0.00	6.02	54.48	19.69	8.50	11.31
PROMEDIO		1.36	1.16	8.27	57.99	22.44	4.98	5.15

Se resumen las características físicas del mineral de hierro grueso (Tabla 5.3):

1. El contenido de humedad promedio en la pila radial fue de 1,36%, el mineral presenta buena condición para su traslado, manejo y uso.
2. Los resultados del análisis granulométrico son registrados en la empresa por pesos en porcentajes del mineral retenido en mallas 2", 1 3/4", 1", 1/2", 1/4", -1/4" (PAN), por lo que se pasa de tener nueve datos (Tabla 5.2), a seis datos.
3. Se considera mineral de hierro grueso calibrado, aquel que se encuentra retenido en las mallas 1", 1/2", 1/4". El mineral sobre tamaño queda retenido

en las mallas 2" y 1 3/4" cuyo valor máximo permitido entre ambas es de 13%, y el porcentaje pasante en malla -1/4" es la cantidad de fino presente en el mineral de hierro grueso, este valor debe ser menor al 9%. Según las condiciones anteriores, el GSIC ubicado en el patio radial arrojó los siguientes resultados 1", 1/2" ,1/4" = 85,41%; 2", 1 3/4" = 9,43% y -1/4" = 5,15%.

4. El proceso de alimentación de planta de briqueta cuenta con sistema de cribado y cernido, que minimiza el mineral con dimensiones por encima de las mallas 2" y 1 3/4", y por debajo de la malla -1/4". El patio radial cuenta con un inventario de 15.800 tn de mineral de hierro grueso, donde el 85,41% del mineral esta calibrado, representa 13.496,36 tn aprovechables, y 14,58% que corresponden a 2.303,64 tn de mineral de rechazo.

5.2 Composición química de las muestras estudiadas, mediante la determinación del contenido de sílice, fósforo y pérdida por calcinación

Se realizó en el laboratorio químico de la gerencia de calidad de CVG Ferrominera Orinoco la evaluación composicional porcentual de tres elementos trazas (sílice, fósforo y pérdida por calcinación), que se encuentran en el mineral de hierro (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 Composición química de las muestras en el patio radial año 2021.

MUESTRA	N°	%SiO ₂	%P	%PPC
GSIC 0010	1	0.70	0.101	6.69
GSIC 1020	2	0.66	0.122	6.53
GSIC 2030	3	0.61	0.113	6.10
GSIC 3040	4	0.56	0.109	5.99
GSIC 4050	5	0.69	0.120	6.02
GSIC 5060	6	0.57	0.093	5.14
GSIC 6070	7	1.01	0.108	5.99
GSIC 7080	8	0.60	0.069	5.36
GSIC 8090	9	0.56	0.101	5.46
PROMEDIO		0.66	0.104	5.92

Para el mineral GSIC se tiene las siguientes consideraciones: La sílice (SiO₂) es una variable independiente, no fluctúa con otro parámetro estudiado (Figura 5.2). Los porcentajes de fósforo (P) y pérdida por calcinación (PPC) son proporcionales (Figuras 5.3;5.4), ambos bajan o suben simultáneamente; y se considera que altas cantidades de elementos trazas disminuyen el porcentaje de hierro total.

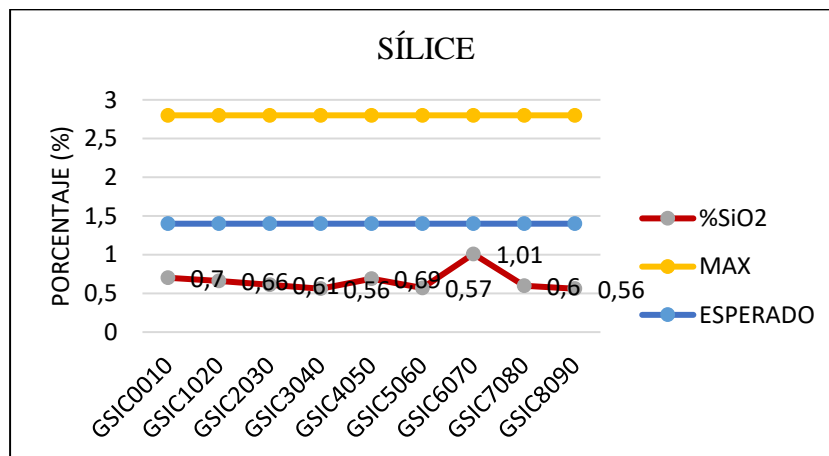


Figura 5.3 Porcentaje de sílice para muestras por sector en el patio radial año 2021.

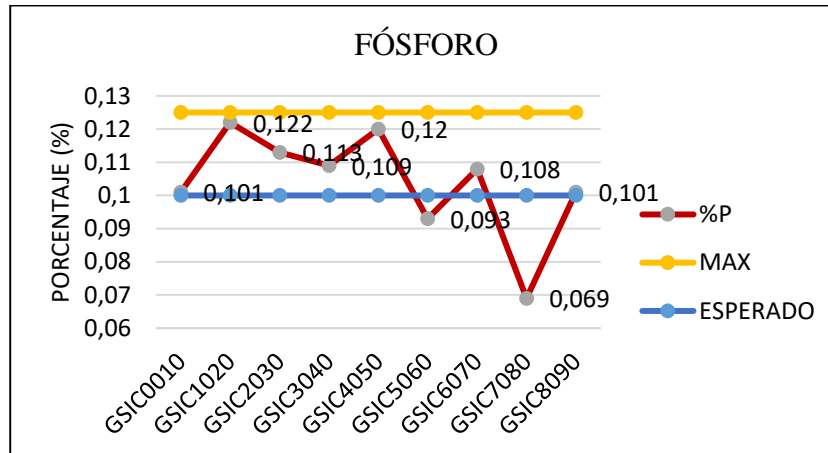


Figura 5.4 Porcentaje de fósforo para muestras por sector en el patio radial año 2021.

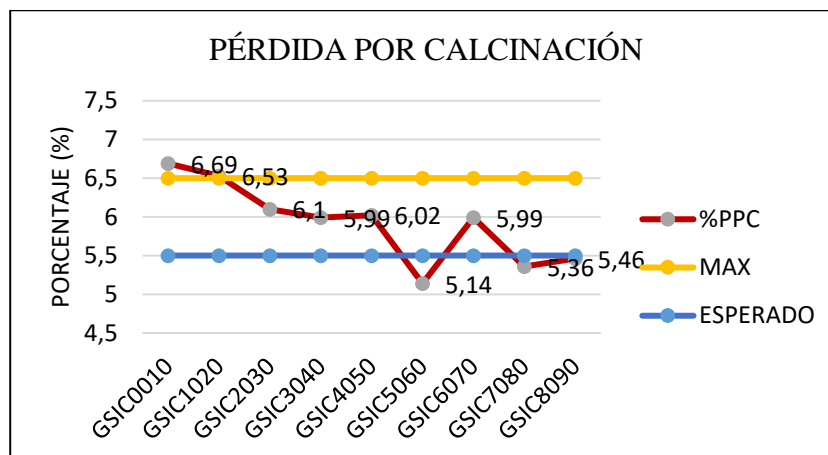


Figura 5.5 Porcentaje de pérdida por calcinación para muestras por sector en el patio radial año 2021.

Los parámetros fluctuaron con distribución normal, SiO_2 entre 0.5 -1%, P desde 0.060% hasta 0.120% y PPC de 5 a 6.60%.

Las trazas que más influyen en la determinación del %FeT son la SiO_2 y la PPC, por tanto, si la SiO_2 se encuentra por debajo de los valores esperados según las especificaciones de calidad y la PPC está entre valores esperado y máximo, e indican que el FeT será alto.

Se observó una variación de forma abrupta en la muestra GSIC 5060 y GSIC 7080 (Figuras 5.4;5.5); y relacionando sus características físicas y químicas, corresponde decir que cuando la muestra presenta mayor aporte de mineral fino (pasante en malla -1/4") los porcentajes de pérdida por calcinación y fósforo disminuyen, esto se debe a que el mineral fino tiene mayor concentración de hierro y menor cantidad de trazas, por lo que le brinda esta condición a la muestra y mejora su caracterización química.

5.3 Clasificación de las especies de mineral de hierro existentes en el patio radial por tipo de mena, evaluando la trazabilidad química obtenida en función de los rangos establecidos por CVG Ferrominera Orinoco

CVG Ferrominera Orinoco, tiene en su haber una clasificación de menas de hierro por criterios geológicos con rangos de composición química precisos, que relacionan sus características mineralógicas y textura. El mineral de hierro grueso que se encuentra en el patio radial fue seleccionado y comparado siguiendo estas cualidades para su correcta clasificación.

Inicialmente las especies de mineral de hierro fueron seleccionadas por sus características físicas macroscópicas como: color, brillo, tipo de fractura, raya y dureza. Los grupos seleccionados fueron sometidos a análisis químicos que sirvieron para verificar la clasificación por tipo de mena.

Las características macroscópicas son discernibles para un 70% de costras, pero debido a que muchas de ellas no se encuentran en estado puro sino asociado a otras por su formación origen, suelen haber variaciones dentro de su composición química.

Las costras hematíticas y costras goetíticas; presentan valores dentro de los rangos aceptados en su composición, tienen porcentajes de sílice, fósforo y pérdida por calcinación bajos, lo que contribuyen que el porcentaje de hierro incremente y se acerque a los valores esperados. Las costras masivas, costras laminadas y costras limoníticas, no cumplen todos sus parámetros, salen de rango por variaciones consideradas no influyentes, costra masiva con 0,018% y costra laminada con 0,019% de fósforo superior al rango máximo, y la costra limonítica con 1,63% de hierro total superior al rango máximo (Tabla 5.5).

Se consideró cuarcita ferruginosa dura a una muestra con valores de FeT 48,91%; SiO₂ 26,22%; P 0,067%; PPC 3,09%, aunque este fuera de rango para esta unidad litológica, si corresponde por criterio geológico y tener porcentaje de sílice alto.

Tabla 5.5 Composición química de los tipos de mena encontrados en el mineral GSIC radial evaluado con rangos de composición litológicos de CVG Ferrominera Orinoco.

GRUPO LITOLÓGICO	% FeT	MAX.	MIN.	%SiO2	MAX.	MIN.	%Al2O3	MAX.	MIN.	%P	MAX.	MIN.	%PPC	MAX.	MIN.
COSTRA HEMATÍTICA	68,06	64,00	69,00	0,43	0,00	2,00	0,25	0,00	2,00	0,046	0,010	0,060	1,89	0,00	2,00
COSTRA LAMINADA	65,58	62,00	67,00	0,51	0,00	2,00	0,44	0,00	2,00	0,099	0,060	0,080	5,34	2,00	6,00
COSTRA LIMONÍTICA	63,63	60,00	62,00	0,65	0,00	2,00	0,90	0,00	2,00	0,120	0,080	0,250	7,32	5,00	9,00
COSTRA MASIVA	65,25	62,00	67,00	0,60	0,00	2,00	0,67	0,00	2,00	0,098	0,060	0,080	5,37	2,00	6,00
COSTRA GOETÍTICA	61,69	58,00	63,00	1,03	0,00	3,00	1,23	0,00	2,00	0,192	0,100	0,250	9,45	7,00	12,00
CUARCITA FERRUGINOSA DURA	48,91	30,00	45,00	26,22	35,00	55,00	0,22	0,00	2,00	0,067	0,010	0,050	3,09	0,00	2,00
LATERITA	26,75	5,00	30,00	4,02	10,00	70,00	37,34	10,00	20,00	0,130	0,030	0,080	19,71	10,00	15,00

Tabla 5.6 Grupos litológicos por sector identificados en patio radial año 2021.

GRUPOS LITOLÓGICOS (%)							
MUESTRA	COSTRA LAMINADA	COSTRA MASIVA	COSTRA HEMATÍTICA	COSTRA LIMONÍTICA	COSTRA GOETÍTICA	CUARCITA FERRUGINOSA DURA	LATERITA
GSIC 0010	44,83	25,84	14,68	10,26	2,63	1,75	0,00
GSIC 1020	45,71	26,17	10,56	10,75	3,24	3,57	0,00
GSIC 2030	42,96	27,08	16,40	10,19	2,69	0,59	0,09
GSIC 3040	45,04	31,29	12,71	10,73	0,23	0,00	0,00
GSIC 4050	53,77	17,53	22,30	4,46	1,94	0,00	0,00
GSIC 5060	47,81	29,32	15,02	2,87	1,67	3,31	0,00
GSIC 6070	58,03	12,89	6,90	19,01	2,44	0,73	0,00
GSIC 7080	60,50	18,77	10,88	8,15	1,70	0,00	0,00
GSIC 8090	33,31	30,35	17,53	8,72	6,98	3,11	0,00

Los grupos litológicos predominantes en cada sector del patio radial (Tabla 5.6), fueron cinco (5) tipos de menas de hierro de alto tenor: costra laminada (Vp), costra masiva (V), costra hematítica (Vh), costra limonítica (Vy), costra goetítica (Vg), un (1) tipo de mena de hierro de bajo tenor: cuarcita ferruginosa dura (If) y un grupo estéril, laterita (Lat).

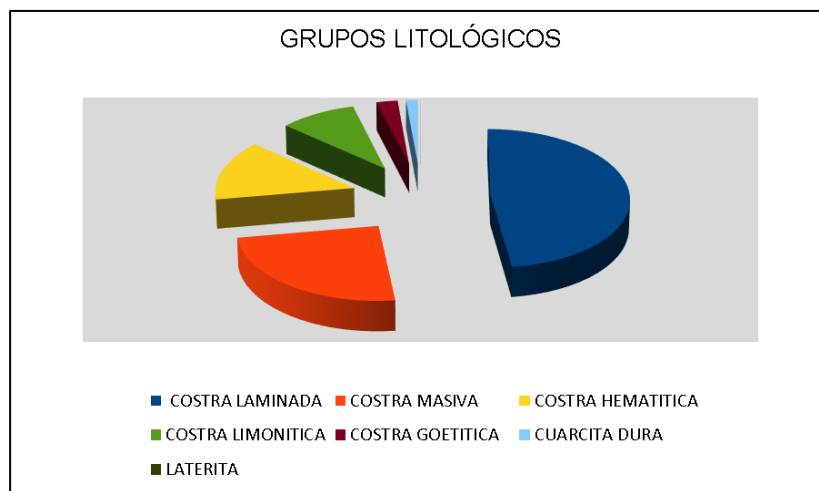


Figura 5.6. Grupos litológicos presentes en el patio radial.

La mayor cantidad del mineral de hierro en el patio radial corresponden a costras laminadas con 48%, costras masivas 24,36%, costras hematíticas 14,11% y costras limoníticas 9,46%. Las costras goetíticas y cuarcitas ferruginosas duras se encuentran en cantidades menores, 2,61% y 1,45% respectivamente, y finalmente un porcentaje mínimo de lateritas con 0,01% (Figura 5.6).

5.4 Análisis mineralógico de las especies litológicas encontradas en el patio radial.

En función de complementar la descripción macroscópica de los tipos litológicos, además de verificar la clasificación exitosamente, se asociaron análisis por microscopía óptica de las muestras estudiadas: costra hematítica, costra limonítica, costra masiva, costra goetítica, costra laminar y cuarcita ferruginosa dura. El análisis exhibe cuantitativamente las asociaciones minerales y las propiedades geométricas, que servirían para estudios futuros sobre la morfología de los minerales de hierro en el control de los procesos siderúrgicos.

5.4.1 Costra Hematítica

a. Descripción macroscópica: estructura masiva o laminada, de color gris acero, brillo metálico o submetálico, raya rojo teja, sin exfoliación con fractura desigual, pesada. Algunas variedades presentan granos gruesos de hematita brillante y otras contienen magnetita.

b. Descripción microscópica: 72% Hematita, 2% Martita, 1% Magnetita, 25% de porosidad.

c. Descripción composicional

1. Hematita: masa homogénea mayormente policristalina, granular, subhedral y lisa (Figura 5.7).
2. Martita: granuda, subhedral y de tamaño fino (12,5x12,5µm).

3. Magnetita: subhedral, de tamaño fino ($9,29 \times 14,7 \mu\text{m}$), exhibe finos cuerpos de exsolución lamelar de hematita, siendo reemplazada por hematita y dispersa heterogéneamente.

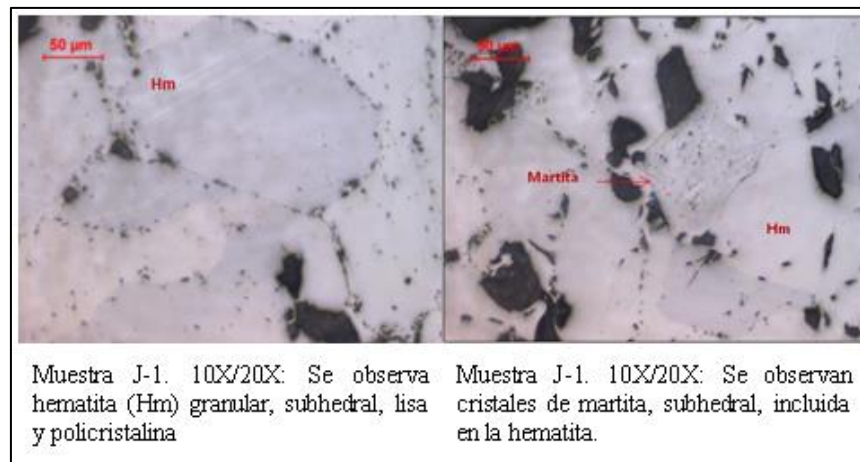


Figura 5.7 Fotomicrografía de la muestra J.1.

5.4.2 Costra Limonítica

- a. Descripción macroscópica: masa amorfa, sin exfoliación, de color amarillo, brillo mate, raya rojo pardo. Algunas variedades presentan textura rugosa o tienen cavernas.
- b. Descripción microscópica: 99% Limonita, <1% de goethita, magnetita, hematita.
- c. Descripción composicional
1. Limonita: masa homogénea, de tamaño fino.
 2. Hematita: cristales granulares, euhedrales, de tamaño muy fino ($0,84 \times 1,53 \mu\text{m}$)

3. Goethita: coloforme y botroidal, de tamaño muy fino, escasa bordea a algunas oquedades (Figura 5.8).
4. Magnetita: anhedral, de tamaño fino, siendo remplazada por goethita.



Figura 5.8 Fotomicrografía de la muestra J.2.

5.4.3 Costra Masiva

- a. Descripción macroscópica: sin exfoliación ni laminación, fractura irregular. De color variado generalmente gris con alteración parcial de otras menas de color rojiza (costra goetítica) o amarillo (costra limonita), brillo submetálico, textura cavernosa o porosa, raya parda, de gran peso.
- b. Descripción microscópica: 40% Hematita, 35% Probable Hidrohematita, 25% Goethita.

c. Bakelita compuesta por 4 granos con descripción composicional

1. Hematita: anhedral, de tamaño variable mayormente fino, granular, rugosa, porosa, monocristalina, deformada y se presenta a veces en restos esqueléticos (Figura 5.9).
2. Probable Hidrohematita: material que aparece con la hematita y que la envuelve, siendo bordeada por goethita.
3. Goethita: coloforme, bordea y a veces envuelve a la hematita.

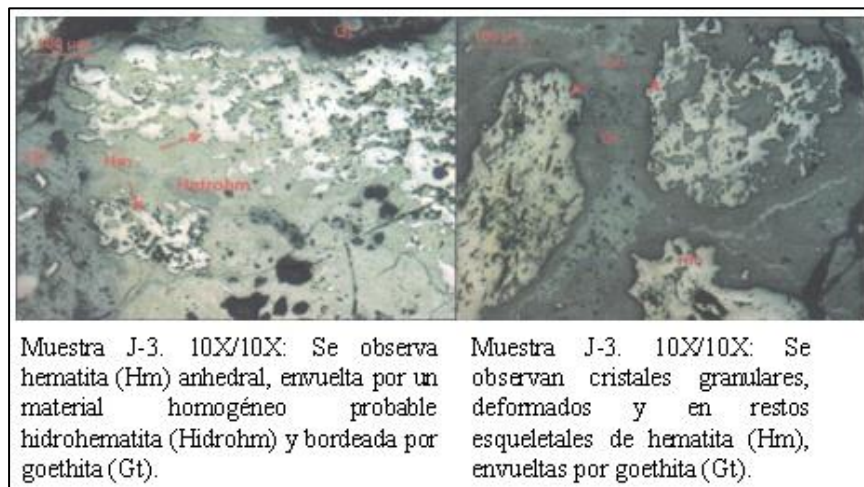


Figura 5.9 Fotomicrografía de la muestra J.3.

5.4.4 Cuarcita Ferruginosa Dura

- a. Descripción macroscópica: estructura masiva o bandeada constituida por finas bandas ricas en cuarzo, hematita o magnetita, poco peso, brillo submetálico, color gris.

b. Descripción microscópica: 45% Ganga, 35% Hematita, 18% Magnetita, 2% Ilmenita.

c. Descripción composicional

1. Hematita: anhedral, rubosa y lisa de tamaño variable, algunos paquetes gruesos, se observan deformadas, mayormente reemplazadas por magnetita (proceso de musketovitización) a partir de los bordes, las de menor tamaño son monocristalinas, alargadas y ligeramente orientadas, a veces bordeadas por magnetita (Figura 5.10).
2. Magnetita: anhedral, de tamaño fino, bordean mayormente a la hematita, se presentan sustituyendo a la hematita y otras en cristales individuales, deformados y ligeramente orientados.
3. Ilmenita: anhedral, de tamaño fino, en exsolución lamelar en hematita (Figura 5.10).

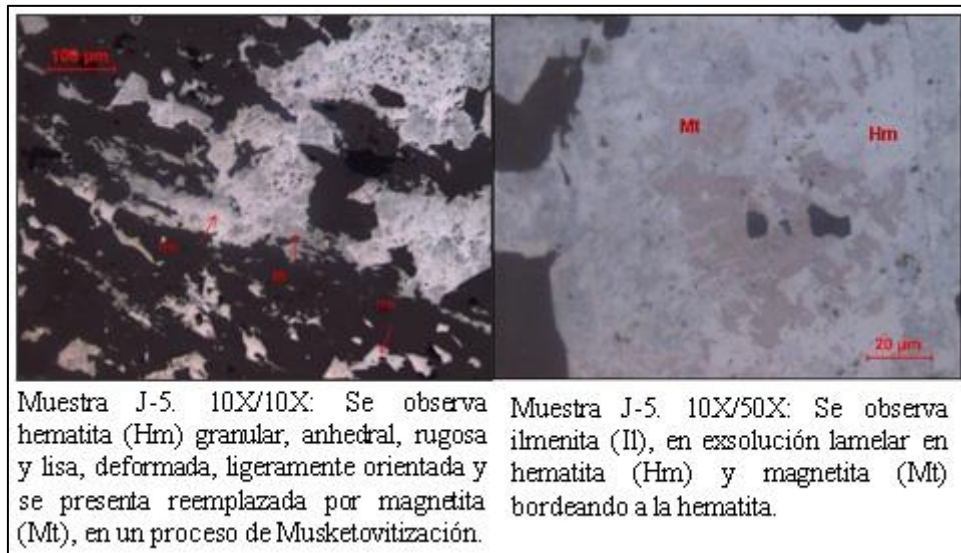


Figura 5.10 Fotomicrografía de la muestra J.5.

5.4.5 Costra Goetítica

a. Descripción macroscópica: masa amorfa, color rojizo o negro, raya pardo amarillenta, forma masiva, brillo mate o adamantino, fractura concoide.

b. Descripción microscópica: 77% Goethita, 20% Ganga, 3% Hematita.

c. Descripción composicional:

1. Hematita: anhedral, de tamaño fino ($5,99 \times 5,57 \mu\text{m}$), escasos gruesos ($36 \times 22,1 \mu\text{m}$) y se presenta incluida en goethita. (Figura 5.11).
2. Goethita: anhedral, botroidal y coliforme, se presenta bordeando a las oquedades, rellenando algunas vetillas y distribuido homogéneamente. (Figura 5.11).



Figura 5.11 Fotomicrografía de la muestra J.7.

5.4.6 Costra Laminada

- a. Descripción macroscópica: constituida por láminas de poco espesor a veces frágiles desmenuzable, de poca densidad, color gris claro o azulado, brillo metálico, textura porosa, raya parda oscura.
- b. Descripción microscópica: 30% Oquedades, 40% Hematita, 20% Goethita, 10% Magnetita.
- c. Descripción composicional
1. Hematita: anhedral a subhedral, granuda, algunas rugosas, siendo reemplazadas por cuerpos lamelares y en gotas de magnetita (proceso de martitización) y otras son lisas, monocristalinas envueltas por goethita y además son de tamaños aproximadamente $5,05 \times 2,01 \mu\text{m}$ (Figura 5.12).
 2. Goethita: coloforme, de tamaño variable, bordea mayormente a la hematita y las oquedades.

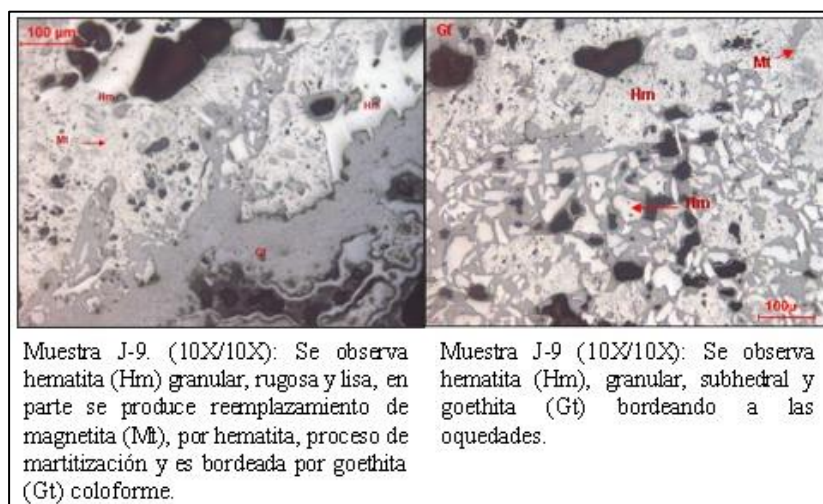


Figura 5.12 Fotomicrografía de la muestra J.9.

5.5 Establecer si el mineral de hierro Grueso San Isidro Calibrado, cumple con las Especificaciones de Calidad para el año 2021, evaluando las características físico-química de las muestras estudiadas

Las especificaciones de calidad contienen la información necesaria para realizar o conformar el producto con características fundamentales, que el cliente necesita y que la empresa debe entregarle, estas son evaluadas anualmente para su ajuste y aprobación.

Tabla 5.7 Especificaciones de calidad GSIC Nacional año 2021. CVG. Ferrominera Orinoco.

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD 2021	% FeT	% SiO ₂	% P	% PPC	% H ₂ O	% +2"	% 1 3/4"	% +1"	% +1/2"	% +1/4"	% - 1/4"
ESPERADO	64,3 3	1,40	0,100	5,50	2,70	1,00	2,00	50,0 0	75,00	98,00	2,00
MÁXIMO	NA	2,80	0,125	6,50	NA	3,00	10,00	NA	NA	NA	9,00
MÍNIMO	62,4 0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

La ficha técnica de las especificaciones de calidad del producto de hierro Grueso San Isidro Calibrado (GSIC), indica los porcentajes esperados, máximos y mínimos en los que pueden variar los parámetros químicos y físicos, los renglones indicados con NA, señalan que no se aplican consideraciones (Tabla 5.7).

El mineral de hierro GSIC ubicado en el patio radial, fue evaluado a través de la caracterización físico-química de 9 muestras tomadas por sector, y se estableció si cumplía o no con las especificaciones de calidad del año 2021.

Tabla 5.8 Características físicas-químicas del patio radial contra las especificaciones de calidad año 2021.

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD 2021	ANÁLISIS FÍSICO							ANÁLISIS QUÍMICO		
	% H ₂ O	% +2" (+50,80 mm)	% +1 3/4" (+44,45 mm)	% +1" (+25,40 mm)	% +1/2" (+12,70 mm)	% +1/4" (+6,35 mm)	% -1/4" (-6,35 mm)	%SiO ₂	%P	% PPC
ESPERADO	2,70	1,00	2,00	50,00	75,00	98,00	2,00	1,40	0,100	5,50
MÁXIMO	NA	3,00	10,00	NA	NA	NA	9,00	2,80	0,125	6,50
MÍNIMO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SECTOR	% H ₂ O	% +2"	% +1 3/4"	% +1"	% +1/2"	% +1/4"	% -1/4"	%SiO ₂	%P	% PPC
GSIC0010	0,55	0,00	8,29	52,47	80,85	87,36	4,34	0,70	0,101	6,69
GSIC1020	0,74	0,00	8,90	64,46	85,38	86,93	4,16	0,66	0,122	6,53
GSIC2030	0,82	2,52	10,95	64,04	82,55	84,08	2,46	0,61	0,113	6,10
GSIC3040	1,64	3,77	7,70	58,70	82,46	85,06	3,49	0,56	0,109	5,99
GSIC4050	1,74	0,00	11,76	65,68	82,82	85,73	2,51	0,69	0,120	6,02
GSIC5060	1,89	4,18	7,49	45,15	73,61	81,41	6,92	0,57	0,093	5,14
GSIC6070	1,58	0,00	8,08	47,10	76,74	86,06	5,86	1,01	0,108	5,99
GSIC7080	1,18	0,00	5,24	69,87	85,34	89,46	5,30	0,60	0,069	5,36
GSIC8090	2,07	0,00	6,02	54,48	74,17	82,67	11,31	0,56	0,101	5,46
PROMEDIO	1,36	1,16	8,27	57,99	80,44	85,42	5,15	0,66	0,104	5,92

Para la apreciación de los resultados frente a las especificaciones de calidad, las características físicas del ensayo granulométrico se exponen de la siguiente manera: porcentajes retenidos en mallas +2", +13/4", +1" y -1/4", y porcentajes retenidos acumulados en mallas +1/2" y +1/4", por esto los valores que observamos en la Tabla 5.8, no guardan el mismo orden que en las tablas de granulometría. De acuerdo a sus parámetros físicos, se espera que el mineral posea dimensiones de 25,40mm en 50%, un 75% con dimensiones entre 25,40-12.70mm y 98% con dimensiones entre 25,40-6.35mm, en este contexto las mallas 1", 1/2" y 1/4" indican la fracción útil del producto.

La sílice se encuentra por debajo al valor esperado con muy buena condición. El fósforo se mantiene dentro de los rangos esperado y máximo, registrando mayoría de valores bajos. Hay variación en la pérdida por calcinación, presentando datos puntuales por encima o por debajo de los rangos, pero son resultados admisibles para este producto. Calculando la media de los datos, considerando las muestras como un todo (población) y no habiendo observado ningún comportamiento atípico, se certifica el producto Grueso San Isidro Calibrado, almacenado en el patio radial entre los meses junio-diciembre, como mineral conforme a las especificaciones de calidad para el año 2021.

Las especificaciones de calidad también fueron relacionadas a los datos de composición química de los diferentes grupos litológicos encontradas en el patio radial, por lo que se realizaron medias ponderadas en los nueve sectores (Tabla 5.9). (Apéndice B).

Tabla 5.9 Características químicas del patio radial por promedio ponderado contra las especificaciones de calidad año 2021.

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD 2021	ANÁLISIS QUÍMICO			
	% FeT	%SiO ₂	%P	%PPC
ESPERADO	64.33	1.40	0.100	5.50
MÁXIMO	NA	2.80	0.125	6.50
MÍNIMO	62.40	NA	NA	NA
SECTOR	% FeT	%SiO ₂	%P	%PPC
GSIC0010	65.37	1.00	0.095	5.11
GSIC1020	64.93	1.47	0.097	5.25
GSIC2030	65.57	0.70	0.095	5.09
GSIC3040	65.70	0.54	0.094	5.13
GSIC4050	65.98	0.52	0.090	4.74
GSIC5060	65.30	1.39	0.092	4.88
GSIC6070	65.17	0.74	0.101	5.57
GSIC7080	65.64	0.54	0.096	5.20
GSIC8090	65.08	1.37	0.097	5.13
PROMEDIO	65.42	0.92	0.095	5.12

Se toman varias consideraciones para aclarar por qué los resultados de la composición química de las muestras por promedio ponderado, varían con respecto a las muestras por promedio aritmético en sectores del patio radial. (Tablas 5.8; 5.9).

1. Los resultados de una composición química serán únicos para la muestra tomada y representan solo a una porción de la población, que por la heterogeneidad del mineral de hierro grueso puede variar de una muestra a otra, así sea del mismo producto y tomada en el mismo sector.
2. En una muestra en específico, el cálculo ponderado es realizado en base al peso total de la muestra, los pesos por tipo de mena y la composición química de los tipos de menas. Ejemplo, sí en una muestra fue encontrada durante la

clasificación una cantidad considerable (mayor o igual a 90 g) de cuarcita ferruginosa dura, incrementara el porcentaje de sílice.

3. Si la muestra presenta mayor porcentaje de costra goetítica y costra limonítica, debe esperarse un incremento en el valor del fósforo y la pérdida por calcinación, pero en vista que la cantidad de costra masiva es mayor al de los dos tipos anteriores, las trazas disminuyen; como se reflejan en las muestras GSIC0010, GSIC1020, GSIC8090. (Tablas 5.6; 5.9).
4. La composición química de la muestra GSIC4050 cuyos datos por sector fueron 0.69%SiO₂, 0.120%P, 6.02%PPC y por promedio ponderado 0.52%SiO₂, 0.090%P y 4.74%PPC, tiene un 53.77% de costra laminada y 23.30% de costra hematítica, la suma de ambas es 77,07% de menas de hierro de alto tenor. Por tanto, si el promedio ponderado es calculado en base a la composición química de las menas encontradas en el sector, y estas a su vez tienen valores bajos en sus trazas (Tabla 5.5), es congruente la disminución del %P y %PPC.

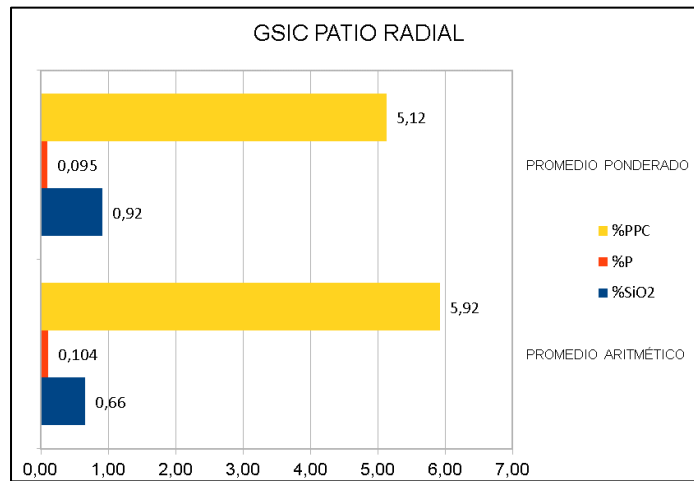


Figura 5.13 Promedio aritmético vs promedio ponderado de parámetros químicos en el patio radial año 2021.

Relacionados los parámetros químicos de la media aritmética con la media ponderada, se manifiesto mínima disparidad entre resultados, siendo tolerables (Figura 5.13).

5.6 Evaluar el comportamiento del mineral de hierro Grueso San Isidro Calibrado como materia prima en el proceso de fabricación de briquetas, según su caracterización físico-química e incidencia de especies litológicas de mineral de hierro

La recuperación del mineral grueso hacia la planta de briqueta, empezó desde el sector 80-90 hasta 00-10, de forma continua hasta terminar el inventario del patio radial, el día 24 de octubre del año 2021 hasta el día 15 de diciembre del mismo año.

En el mes de octubre se recolectaron ocho (8) muestras, de las cuales seis (6) se tomaron como compuestos, debido a que desde la fecha inicial de recuperación hasta el día 28 del mismo mes no se caracterizó el mineral, considerando que se iba como

remet durante el calentamiento del horno de reducción. Y se suministró 4.468 tn a la planta, tuvieron las siguientes características FeT 64.67%, SiO₂ 0.80%, P 0.104%, PPC 6.15%, H₂O 3.11%, porcentajes retenidos en mallas 2" 0.24%, 1 3/4" 1.19%, 1" 73,33", 1/2" 19,43%, 1/4" 3,60%, – 1/4" 2,22%. (Apéndice C).

Durante el mes de noviembre se tomaron veinticinco (25) muestras, seis (6) de ellas registrada por compuesto. Fue suministrado 7.573 tn, con características de FeT 65.39%, SiO₂ 0.85%, P 0.091%, PPC 4.67%, H₂O 3.47%, porcentajes retenidos en mallas 2" 0.62%, 1 3/4" 2.94%, 1" 57.56", 1/2" 32.20%, 1/4" 5.48%, – 1/4" 1.24%.

Y culminaron en el mes de diciembre con un suministro de 3.759 tn de hierro grueso, para un total de quince (15) muestras, de las cuales doce (12) fueron por compuestos; tuvieron las siguientes características; FeT 65.32%, SiO₂ 0.71%, P 0.080%, PPC 5.09%, H₂O 3.36%, porcentajes retenidos en mallas 2" 2.06%, 1 3/4" 4,48%, 1" 63,66%, 1/2" 27,07%, 1/4" 1,87%, – 1/4" 0.87%.

Algunos datos fueron presentados en forma de compuestos, por lo que las características físico químicas se conservan en las muestras, esta medida fue tomada por la empresa para reservar reactivos químicos.

La desviación estándar, expresa poca variabilidad de los parámetros químicos Fe, SiO₂ y P, con irregularidad de la PPC que mostró menos dispersión con respecto a la media aritmética en el mes de diciembre, y mayor dispersión durante los meses de octubre y noviembre, para este último con datos atípicos, que generó caídas (Figuras 5.15; 5.16), y resultado de 1.17%. Las características físicas muestran datos extremadamente variables, dado a que los rangos donde fluctúan les permiten un amplio alcance, con grandes dispersiones.

A continuación, se exponen los resultados correspondientes al muestreo realizado durante los tres (3) meses de recuperación del mineral de hierro grueso del patio radial (Figuras 5.14;5.15;5.16).

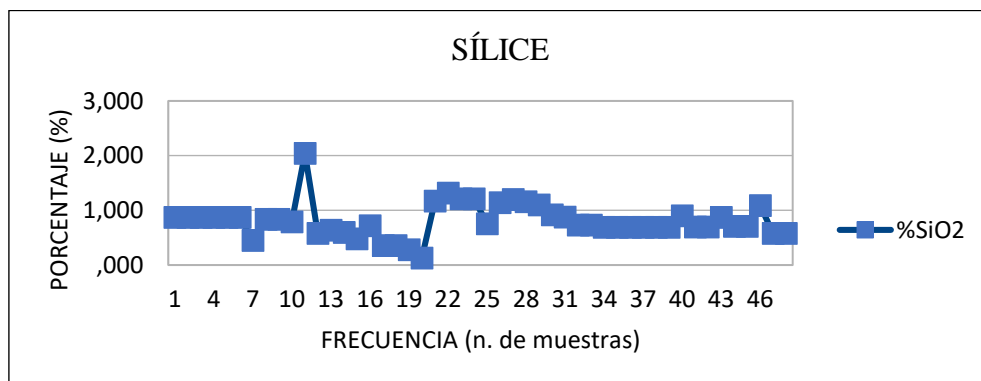


Figura 5.14 Porcentaje de sílice para muestras del patio radial año 2021, durante la recuperación.

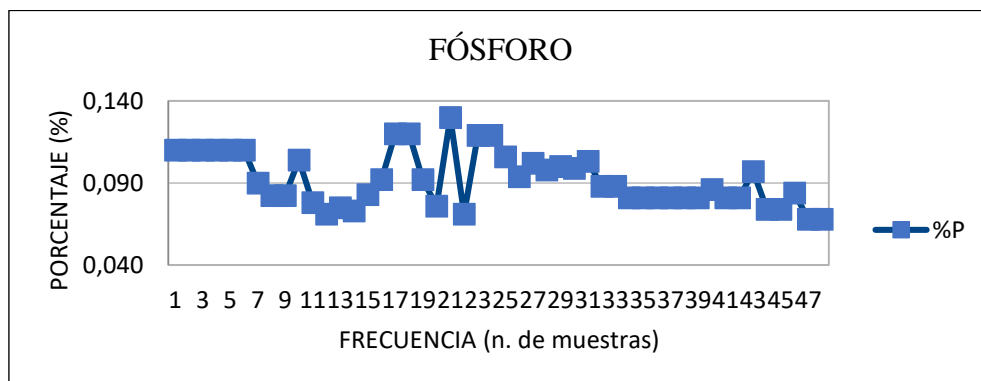


Figura 5.15 Porcentaje de fósforo, para muestras del patio radial año 2021, durante la recuperación.

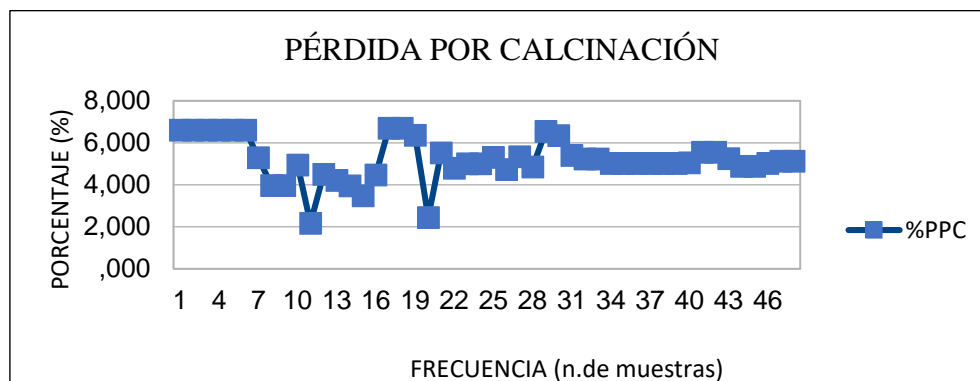


Figura 5.16 Porcentaje de pérdida por calcinación para muestras del patio radial año 2021, durante la recuperación.

En detalle hay muestras puntuales correspondientes al mes de noviembre, con %PPC y %P que no coinciden con características normales de este producto y no guardan similitud con ninguna otra muestra, discutido anteriormente los parámetros de fósforo y pérdida por calcinación deben fluctuar en forma similar, y en estos casos no ocurre (Figuras 5.15; 5.16), por lo que se consideró error humano en registro de datos que pertenecen a otro material.

De forma general los %SiO₂, %P y %PPC se mantuvieron por debajo del valor máximo de acuerdo a especificaciones de calidad y se conservan constantes, demostrando que el producto tiene buen comportamiento químico.

Tabla 5.10 Comparación de las características físicas-químicas del patio radial durante recuperación del mineral por planta de briqueta contra las especificaciones de calidad año 2021.

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD 2021	ANÁLISIS FÍSICO							ANÁLISIS QUÍMICO			
	% H ₂ O	% +2"	% +1 3/4"	% +1"	% +1/2"	% +1/4"	% -1/4"	%FeT	%SiO ₂	%P	%PPC
ESPERADO	2,70	1,00	2,00	50,00	75,00	98,00	2,00	64,33	1,40	0,100	5,50
MÁXIMO	NA	3,00	10,00	NA	NA	NA	9,00	NA	2,80	0,125	6,50
MÍNIMO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	62,40	NA	NA	NA
PROMEDIO DATA PLANTA DE BRIQUETA	3,34	0,85	2,81	63,47	90,84	94,93	1,43	65,17	0,80	0,092	5,19



Figura 5.17 Pila de mineral de rechazo en planta de briqueta, finos (izq.) y gruesos (der.).

La humedad natural del mineral grueso fue 3.34%, por encima a lo esperado, y guarda mejor relación con los valores que regularmente se obtienen para este producto, sigue siendo una humedad buena para el manejo del mineral. Se tomaron dos valores relevantes por medio del análisis granulométrico, el porcentaje de mineral de hierro con dimensiones superiores a los 25,40mm igual a 3.66% y el porcentaje inferior a los 6.35mm de 1.43%, el funcionamiento de la criba fue bueno, se puede notar que disminuyó el porcentaje de mineral con sobre tamaño y finos, sin embargo se esperaba que entrara menor cantidad de mineral con estas dimensiones al proceso productivo de planta de briqueta, ya que una distribución de tamaños similares, permite un adecuado reparto del gas reductor dentro del reactor, por lo que trabajará a unas mismas condiciones (Tabla 5.10).

Correspondiente a lo expuesto en el apartado 4, del título 5.2; se encontrarían 2.303,64 tn que representaban 14,58% de mineral de rechazo, si entro a la planta 5.09% de este mineral; en las pilas de rechazo quedó 9.49% (Figura 5.17), del cual 5.77% es el equivalente a 911,66 tn de mineral grueso con sobre tamaño y 3.72% igual a 587,76 tn de finos adheridos. El mineral grueso con sobre tamaño debe pasar nuevamente por la planta No. 11 para ser triturado y cribado, y el resultado sugiere

que la criba de la planta No. 7, de donde fue acarreado la mayor porción del mineral almacenado en el patio radial, se acerca a los valores máximos permitidos. La fracción final utilizada como materia prima fue de 94.93% que corresponde a 14.998,94 tn.

Tabla 5.11 Distribución de grupos litológicos en los sectores y surelación durante los meses de recuperación del mineral.

MES	SECTORES	PESO (tn)	GRUPO LITOLÓGICO (%)						Laterita
			Costra Laminada	Costra Masiva	Costra Hematítica	Costra Limonítica	Costra Goetítica	Cuarcita Ferruginosa Dura	
Octubre	GSIC 8090	4458	49,29	22,06	12,64	10,70	3,93	1,38	0,00
	GSIC 7080								
	GSIC 6070								
Noviembre	GSIC 5060	7573	48,66	24,86	15,59	8,22	1,68	0,96	0,02
	GSIC 4050								
	GSIC 3040								
	GSIC 2030								
Diciembre	GSIC 1020	3759	45,12	26,08	12,87	10,48	2,92	2,52	0,01
	GSIC 0010								

Se indican los sectores de donde fue recuperado el mineral, según las toneladas cargadas por mes (Tabla 5.11), por lo que se pudo realizar una relación con los tipos de mena identificados. En el mes de octubre se observó mayor cantidad de costras laminadas, masivas, limoníticas y goetíticas, es decir, que este mes fue cargo el mineral con alto contenido de PPC y P. El mes de noviembre tiene proporciones variables de costras laminadas, hematíticas y masivas, que en función a sus tonelajes son cantidades menores al del mes anterior, sugieren tener mayor %FeT. El mineral recuperado durante el mes de diciembre tiene características similares al mes de octubre con excepción que presentó menor cantidad de costras goetíticas y mayor proporción de cuarcitas ferruginosas duras, lo que indica un leve aumento de la PPC.

Según Guevara, H. (2016) en un estudio de variables metalúrgicas realizado a los tipos de menas, presentó que, las costras con menor capacidad de generación de finos en el reactor reductor son las costras limoníticas y goetíticas, mientras que las demás costras pueden generar mayor cantidad de finos. La reducibilidad de las especies litológicas será diferente puesto que la penetración de los gases reductores depende de su morfología, y es la costra limonítica quien tiene mayor grado de reducibilidad, por su estructura porosa, además la costra masiva y costra laminada también presentan buena reducibilidad. El mismo autor indica que en una muestra de mezcla con distribución 80-20 de pella - GSIC, la mayor generación de finos en el reactor corresponde al mineral grueso, por la trayectoria que recorre desde que es alimentado y por el choque entre minerales que provoca que se fragmente, también influye el tiempo de residencia dentro del reactor. A pesar de esto concluye que los resultados no afectan el %FeT (hierro total), ni en el %Fe^o (hierro metálico) de las briquetas.

En diversas investigaciones sobre las propiedades que determinan la reducción del mineral de hierro indican que el %PPC tienden a incrementar la reducibilidad y favorecer la generación de finos, pero si se toma como referencia el trabajo de investigación de Guevara, H., ya citado, la costra goetítica que tiene alto grado de PPC, no generó tanto finos, ni tiene alta reducibilidad; lo contrario a la costra masiva y la costra limonítica que si tienden a cumplir con estos criterios. Se debe tomar en cuenta que no solo las composiciones químicas de los grupos litológicos influyen en los parámetros que puedan o no afectar el proceso de reducción directa Midrex, sino las características estructurales del mineral como la porosidad, la cristalografía, entre otros.

Es por esto que si el mineral de hierro GSIC, contiene una fracción considerable de costras laminadas, masivas y limoníticas que, en su haber, tienen composición

química y propiedades estructurales que contribuyen a mayor generación de finos y reducibilidad, debe ser controlada la distribución de alimentación para evitar efectos negativos durante la alimentación y dentro del reactor.

Dado que el mineral GSIC como materia prima estaba conforme, el producto final de hierro de reducción en caliente “briqueta”, se encontró dentro de especificaciones de calidad, y cumplió con las expectativas.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. Se realizaron dos muestreos del mineral GSIC, recopilando 9 muestras en el patio de almacenamiento y 48 muestras durante la recuperación del mineral después de ser cribado en la correa 1002, antes de entrar al sistema de alimentación de planta de briqueta.
2. La humedad media inicial fue 1.36% y durante la recuperación 3.34%, la diferencia se debió a las condiciones climáticas a las que estaba expuesto el mineral, los períodos de recolección de las muestras y la cantidad de muestras tomadas, a mayor número de muestra, garantiza la representatividad del lote, a pesar de la variación, el mineral mantiene condiciones favorables para su manejo.
3. En función al uso del producto GSIC, se hace énfasis en la variación de la granulometría del muestreo inicial contra el de recuperación en las mallas 2", 1 3/4" y -1/4", que fueron 2" 1.16%/ 0.85%, 1 3/4" 8.27%/ 2.81% y -1/4" 5.15%/ 1.43%, los cuales representan el mineral con sobre tamaño y los finos adheridos. Se observó que posterior al cribado la fracción de rechazo disminuyó, pasó al sistema de alimentación 5.09% de este mineral, y se observó un aumento de la fracción utilizada como materia prima, de 85.41% a 94.93% correspondiente a 14.998,94 tn.

4. Se clasificó el mineral de hierro grueso del patio radial en 7 grupos litológicos: costra laminada (Vp) 48%, costra masiva (V) 24,36%, costra hematítica (Vh) 14,11%, costra limonítica (Vy) 9,46%, costra goetítica (Vg) 2,61%, cuarcita dura (If) 1,45% y laterita (Lat) 0,01%.
5. Los estudios mineralógicos de los tipos de mena indicaron presencia de magnetita, hematita, martita, hidrohematita, goethita, limonita, ilmenita y ganga en menor cantidad. El grado químico promedio de las muestras (en base al estudio de 9 muestras por sector y 48 muestras durante la recuperación), fluctuaron de la siguiente forma: 63-65% FeT, 0.6-0.8% SiO₂, 0.090-0.110% P, 5-6.5% PPC. Los valores tienen poca variabilidad, lo que demuestra ser un producto constante a pesar de su heterogeneidad.
6. El GSIC, era un producto conforme, que se encontraba dentro de especificaciones de calidad para el año 2021, por lo que fue utilizado como materia prima con distribución 80-20 (80% de pellas - 20% de mineral grueso), en proceso de reducción directa Midrex para la elaboración de briqueta.

6.2 Recomendaciones

1. Realizar el mantenimiento de los equipos de trituración y cernido de las plantas, para minimizar la cantidad de mineral grueso con sobre tamaño generado, que implica tareas dobles en un mismo proceso, más horas hombre y ocupación de maquinarias de trabajo.

2. Evaluar la posibilidad de habilitar el apilador del patio radial, con la finalidad de mejorar la homogeneización del mineral, disminuir la variabilidad de sus características físico-química y permitir conocer el tren donde fue transportado el mineral; ya que al quedarse almacenado en los patios de las plantas de trituración y cernido se rompe la cadena de información por lo que no se puede saber con certeza la mina de donde fue extraído.
3. Mantener continuas investigaciones de caracterización tecnológicas de las menas de hierro, así como también la actualización de rangos de composición litológicas de las mismas, debido a la compleja variedad.
4. Estudiar los factores que afectan la eficiencia de productos siderúrgicos, relacionados a la mineralogía y textura de los minerales de hierro.
5. Impartir a todo el personal conocimientos sobre las características generales de los diferentes productos de hierro, para contribuir en su formación profesional, creando criterios de evaluación y disminuir errores en los procesos de control.

REFERENCIAS

Arias, Fidas G. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Quinta edición. Editorial Episteme. Caracas. Venezuela. Pp 24, 27, 29,80-82.

Armas Toledo, E. (2013). **CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DEL MINERAL DE HIERRO DE LA MINA ALTAMIRA, MEDIANTE SONDEOS GEOEXPLORATORIOS, UBICADA EN EL MUNICIPIO BOLÍVARIANO ANGOSTURA, CIUDAD PIAR, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar. Venezuela. Pp 50.

Balestrini, M. (2002). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Sexta edición. Editorial BL, Consultores Asociados. Caracas. Venezuela. Consultado el 24/09/2021. [<http://www.slideshare.net/emilmichine/marco-metodologico1-presentacion>].

Bardellini, Kelvin V. (2007). **DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE MINERALES DE HIERRO EN ORINOCO IRON**. Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar, Venezuela. Pp 60, 63-64.

Bavaresco de Prieto, A. (2001). **PROCESO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN: COMO HACER UN DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**. Cuarta edición. Editorial Ediluz. Maracaibo. Venezuela.

Campal, N., Schipilow, A. (2012). **MINERALES Y ROCAS**. Material auxiliar de practica de laboratorio. Pp 6-11.

Candiotti, H. (1980). **ANÁLISIS MINERALÓGICO EN LA INDUSTRIA MINERA**. Revista El Ingeniero Geólogo. Perú. Consultado el 07 de octubre de 2021 en:
[https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/ing_geologo/n17_1980/a03.pdf].

Cazabonne M. C., Sivoli G. A. (1974). **CIENCIAS DE LA TIERRA**. Octava edición. Ediciones ENEVA. Caracas. Venezuela. Pp 55-65.

Climate Data. Org. Estado Bolívar (2021). **TABLA CLIMÁTICA Y CLIMA DURANTE TODO EL AÑO**. Disponible en: [<https://es.climate-data.org/america-del-sur/venezuela/estado-bolivar.a>]. Consultado: 04 de septiembre de 2021.

Cultural (2000). **ENCICLOPEDIA INTERACTIVA ESTUDIANTIL SIGLO XXI**. Primera edición. Editorial Cultural. Madrid. España. Pp 633.

CVG Ferrominera Orinoco C.A. (2004). **DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD. MANUAL DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS**. Gerencia de Calidad. Puerto Ordaz, estado Bolívar. Documentación Interna.

CVG Ferrominera Orinoco C.A. (2010). Gerencia de Calidad. Superintendencia de Procesos Siderúrgicos. **ESTUDIO DE REDUCIBILIDAD, DEGRADACIÓN Y GENERACIÓN DE FINOS EN LAS ESPECIES LITOLÓGICAS DEL MINERAL GSIC**. Informe técnico. Bolívar. Venezuela.

CVG Ferrominera Orinoco CA. (2012). **INSPECCIÓN EN LA RECEPCIÓN DE VAGONES PARA VOLTEO, FORMACIÓN DE PILAS PARA PRODUCTOS Y DESPACHOS**. Normas y Procedimientos 104-20. Documentación interna. Bolívar. Venezuela. Pp 12.

CVG Ferrominera Orinoco C.A. (2014). Gerencia de Geología. Jefatura de Área. **CLASIFICACIÓN LITOLÓGICA**. Informe Técnico.

CVG Ferrominera Orinoco C.A. (2021a). Gerencia de Calidad. **ESPECIFICACIONES**. Documentación Interna.

CVG Ferrominera Orinoco CA. (2021b). **FILOSOFÍA DE GESTIÓN**. Disponible en: [<http://www.ferrominera.gob.ve>]. Consultado: 04 de septiembre de 2021.

CVG Ferrominera Orinoco CA. (2021c). **HISTORIA**. Disponible en: [<http://www.ferrominera.gob.ve>]. Consultado: 04 de septiembre de 2021.

CVG Ferrominera Orinoco CA. (2021d). **UBICACIÓN GEOGRÁFICA**. Disponible en: [<http://www.ferrominera.gob.ve>]. Consultado: 04 de septiembre de 2021.

Desarrollo Minero Ecológico (2006). **BOLETÍN DE GEOLOGÍA** (1970), volumen 11, número 21. Dirección de geología. Venezuela. Pp 244. Consultado el 15 de febrero de 2022 en [[https:// www.desarrollominero.gob.ve/boletines-de-geologia/](https://www.desarrollominero.gob.ve/boletines-de-geologia/)].

EcuRed. **MENA (MINERÍA)**. Disponible en: [[https://www.ecured.cu/Mena_\(Minería\)](https://www.ecured.cu/Mena_(Minería))]. Consultado: 07 d octubre de 2021.

Flora y Fauna del Edo. Bolívar (2012). **FLORA DEL ESTADO BOLÍVAR**. [<http://florayfaunadebolivar.blogspot.com/2012/06>]. Consultado: 04 septiembre de 2021.

Gardey, Ana. Pérez Julián. (2013). **DEFINICIÓN PROMEDIO PONDERADO**. Disponible en: [<http://definicion.de/romedio-porderado/>]. Consultado: 05 de septiembre de 2021.

Garza, A. (2007). **MANUAL DE TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN PARA ESTUDIANTES DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES**. Séptima edición. Colegio de México. Distrito Federal. México. Pp 14.

Geografía de Venezuela UPEL (2021). **TIPOS DE CLIMAS DE VENEZUELA SEGÚN KOPPEN**. [<http://geografiadevenezuelaupelimhtmlpm.blogspot.com>]. Consultado: 04 septiembre de 2021.

Geologiaweb (2022). **MAGNETITA: SIGNIFICADO, CARACTERÍSTICAS Y SUS USOS**. Disponible en: [<https://geologiaweb.com/>]. Consultado: 17 de febrero de 2022.

Gorgas, J., Cardiel, N.; Zamorano, J. (2011). **ESTADÍSTICA BÁSICA PARA ESTUDIANTES**. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Físicas. Madrid. Pp 03, 21, 27, 30.

Guevara, H. (2016). **ESTUDIO DE REDUCIBILIDAD, DEGRADACIÓN Y GENERACIÓN DE FINOS EN LAS ESPECIES LITOLÓGICAS DEL MINERAL DE HIERRO GRUESO SAN ISIDRO CALIBRADO**. Revista Mundo Ferrosiderúrgico N° 25. CVG Ferrominera Orinoco C.A. Bolívar. Venezuela.

Klein, C., Hurlbut, C. (2006). **MANUAL DE MINERALOGÍA**. Vigésimo primero. Editorial Reverté, S.A. Barcelona. España. Pp 143.

La Geología en el desarrollo de los pueblos. (1975). **II CONGRESO IBERO-AMERICANO DE GEOLOGÍA ECONÓMICA**. Volumen 2. Informe no periódico. Buenos Aires. Argentina. Pp 524.

León, Y. (2004). **ACTUALIZACIÓN DE LAS RESERVAS GEOLÓGICAS DEL EJE “D” DE LA MINA LOS BARRANCOS CON BASE EN LA INFORMACIÓN APORTADA POR LAS SECCIONES HORIZONTALES, UBICADO EN EL MUNICIPIO AUTÓNOMO RAUL LEONI, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente. Venezuela. Pp 25-26.

Lösch, J. (2006). **MI PLANETA TIERRA 2**. Tercera edición. Editorial Salesiana. Caracas. Venezuela. Pp 85, 86.

Méndez W., Cartaya, S., Benítez J. (2014). **ALGUNOS ASPECTOS GEOLOGICOS Y GEOMORFOLOGICOS DEL HATO LA VERGAREÑA NOROESTE DEL BAJO PARAGUA, ESTADO BOLIVAR. VENEZUELA**. Revista de investigación. Volumen 38. Número 81. Caracas. Venezuela.

Mendoza, V. (2000). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA. TOMO I: ESCUDO DE GUAYANA, ANDES VENEZOLANOS Y SISTEMA MONTAÑOSO DEL CARIBE**. Universidad de Oriente. Venezuela. Pp 15, 16, 31, 46, 47, 49,52.

Minerales de Colección (2021). **MARTITA**. Disponible en: [<https://mineral-s.com/martita>]. Consultado: 07 de octubre de 2021.

Minería en línea (2019). **MAGNETITA**. Disponible en: [https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/magnetita]. Consultado: 07 de octubre de 2021.

Minería en línea (2020). **LIMONITA**. Disponible en: [https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/limonita]. Consultado: 07 de octubre de 2021.

Minería en línea (2021a). **GOETHITA**. Disponible en: [<https://mineriaenlinea.com/rocasyminales/goethita/>]. Consultado: 07 de octubre de 2021.

Minería en línea (2021b). **HEMATITA**. Disponible en: [<https://mineriaenlinea.com/rocasyminerales/hematita/>]. Consultado: 07 de octubre de 2021.

Ministerio de Educación y Ciencia (2004). **LOS SISTEMAS TERRESTRES Y SUS IMPLICACIONES MEDIO AMBIENTALES**. Secretaría General Técnica. España. Pp 189.

Norma Venezolana. COVENIN (1989). **MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS SIDERÚRGICOS. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍAS 814-89**. Primera revisión. Pp 02.

Ramírez, L. (2020). **APLICACIÓN DE LA GEOMETALURGÍA PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE ESPECIES LITOLÓGICAS EN UN PROCESO DE REDUCCIÓN DIRECTA DE LECHO FLUIDIZADO**. Universidad Nacional Experimental de Puerto Ordaz. Bolívar. Venezuela.

Región Guayana (2013). **FLORA, FAUNA Y SISTEMA ECONÓMICO**. Disponible en: [<http://regionguayanaugma.blogspot.com/2013>]. Consultado: 04 septiembre de 2021.

Situación Física. Bolívar. (2021). [<http://www.ine.gov.ve>]. Consultado: 04 de septiembre de 2021.

Ubicación geográfica del Patio Radial. C.V.G Ferrominera Orinoco. Bolívar. Google Maps. 2021.

Vía de acceso al patio radial.CV G Ferrominera Orinoco. Bolívar. Venezuela. Google Earth. 2021.

APÉNDICES

APÉNDICE A
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS

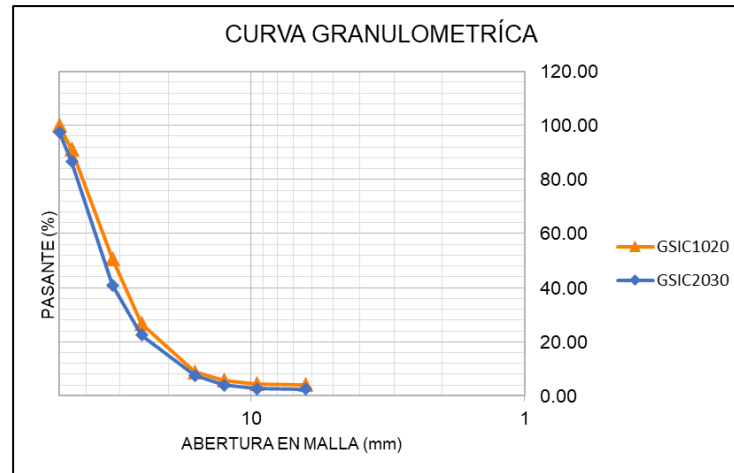
A.1. Análisis granulométrico de la muestra GSIC1020.

Muestra	Malla		Peso Ret. (Kg)	% Ret.	% Ret. Acumulado	% Pasante
	N°	Abertura (mm)				
GSIC1020	2"	50	0	0.00	0.00	100.00
	1 3/4"	45	1.37	8.90	8.90	91.10
	1 1/4"	32	6.21	40.35	49.25	50.75
	1"	25	3.71	24.11	73.36	26.64
	5/8"	16	2.72	17.67	91.03	8.97
	1/2"	12.5	0.5	3.25	94.28	5.72
	3/8"	9.5	0.19	1.23	95.52	4.48
	1/4"	6.3	0.05	0.32	95.84	4.16
	PAN		0.64	4.16	100.00	0.00
			Σ	15.39	100	

A.2. Análisis granulométrico de la muestra GSIC2030.

Muestra	Malla		Peso Ret. (Kg)	% Ret.	% Ret. Acumulado	% Pasante
	N°	Abertura (mm)				
GSIC2030	2"	50	0.38	2.52	2.52	97.48
	1 3/4"	45	1.65	10.95	13.47	86.53
	1 1/4"	32	6.87	45.59	59.06	40.94
	1"	25	2.78	18.45	77.50	22.50
	5/8"	16	2.25	14.93	92.44	7.56
	1/2"	12.5	0.54	3.58	96.02	3.98
	3/8"	9.5	0.19	1.26	97.28	2.72
	1/4"	6.3	0.04	0.27	97.54	2.46
	PAN		0.37	2.46	100.00	0.00
			Σ	15.07	100	

A.3 Curva Granulométrica muestras GSIC1020 y GSIC2030.



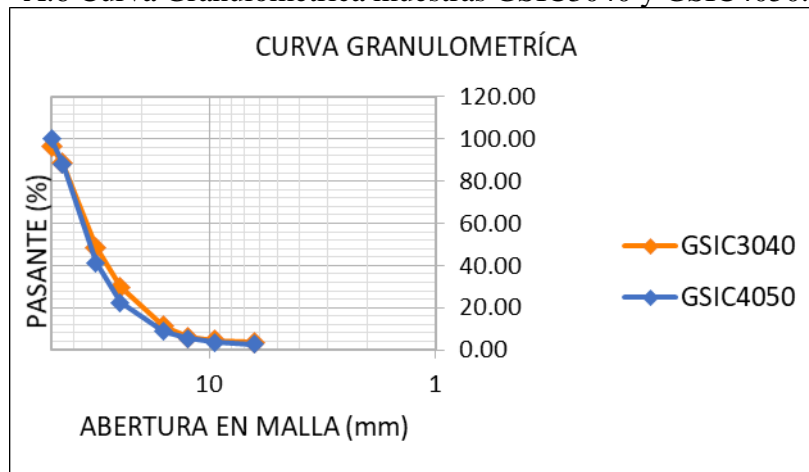
A.4. Análisis granulométrico de la muestra GSIC3040.

Muestra	Malla		Peso Ret. (Kg)	% Ret.	% Ret. Acumulado	% Pasante
	N°	Abertura (mm)				
GSIC3040	2"	50	0.68	3.77	3.77	96.23
	1 3/4"	45	1.39	7.70	11.46	88.54
	1 1/4"	32	7.22	39.98	51.44	48.56
	1"	25	3.38	18.72	70.16	29.84
	5/8"	16	3.38	18.72	88.87	11.13
	1/2"	12.5	0.91	5.04	93.91	6.09
	3/8"	9.5	0.3	1.66	95.57	4.43
	1/4"	6.3	0.17	0.94	96.51	3.49
	PAN		0.63	3.49	100.00	0.00
		Σ	18.06	100		

A.5. Análisis granulométrico de la muestra GSIC4050.

Muestra	Malla		Peso Ret. (Kg)	% Ret.	% Ret. Acumulado	% Pasante
	N°	Abertura (mm)				
GSIC4050	2"	50	0	0.00	0.00	100.00
	1 3/4"	45	2.06	11.76	11.76	88.24
	1 1/4"	32	8.24	47.06	58.82	41.18
	1"	25	3.26	18.62	77.44	22.56
	5/8"	16	2.4	13.71	91.15	8.85
	1/2"	12.5	0.6	3.43	94.57	5.43
	3/8"	9.5	0.3	1.71	96.29	3.71
	1/4"	6.3	0.21	1.20	97.49	2.51
	PAN		0.44	2.51	100.00	0.00
		Σ	17.51	100		

A.6 Curva Granulométrica muestras GSIC3040 y GSIC4050.



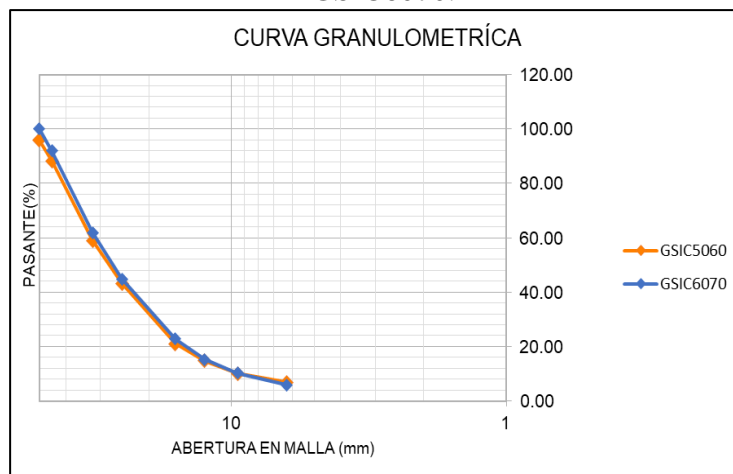
A.7. Análisis granulométrico de la muestra GSIC5060.

Muestra	Malla		Peso Ret. (Kg)	% Ret.	% Ret. Acumulado	% Pasante
	N°	Abertura (mm)				
GSIC5060	2"	50	0.81	4.18	4.18	95.82
	1 3/4"	45	1.45	7.49	11.67	88.33
	1 1/4"	32	5.67	29.29	40.96	59.04
	1"	25	3.07	15.86	56.82	43.18
	5/8"	16	4.3	22.21	79.03	20.97
	1/2"	12.5	1.21	6.25	85.28	14.72
	3/8"	9.5	0.91	4.70	89.98	10.02
	1/4"	6.3	0.6	3.10	93.08	6.92
	PAN		1.34	6.92	100.00	0.00
			∑	19.36	100	

A.8. Análisis granulométrico de la muestra GSIC6070.

Muestra	Malla		Peso Ret. (Kg)	% Ret.	% Ret. Acumulado	% Pasante
	N°	Abertura (mm)				
GSIC6070	2"	50	0	0.00	0.00	100.00
	1 3/4"	45	1.24	8.08	8.08	91.92
	1 1/4"	32	4.6	29.97	38.05	61.95
	1"	25	2.63	17.13	55.18	44.82
	5/8"	16	3.38	22.02	77.20	22.80
	1/2"	12.5	1.17	7.62	84.82	15.18
	3/8"	9.5	0.75	4.89	89.71	10.29
	1/4"	6.3	0.68	4.43	94.14	5.86
	PAN		0.9	5.86	100.00	0.00
			∑	15.35	100	

A.9 Curva Granulométrica muestras GSIC5060 y GSIC6070.



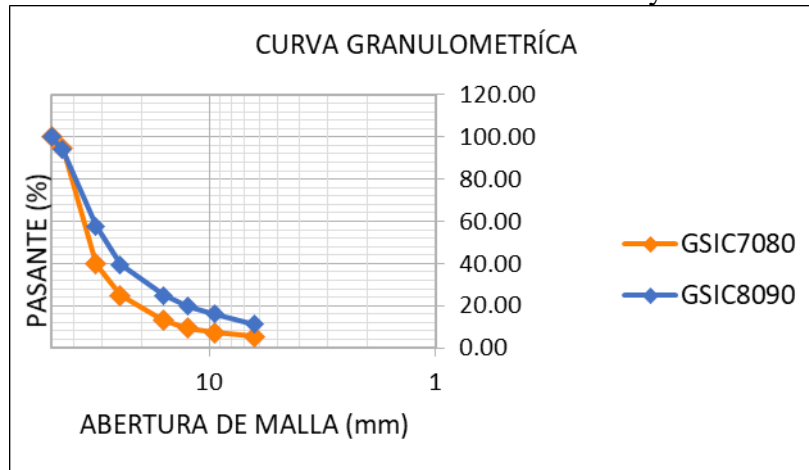
A.10. Análisis granulométrico de la muestra GSIC7080.

Muestra	Malla		Peso Ret. (Kg)	% Ret.	% Ret. Acumulado	% Pasante
	N°	Abertura (mm)				
GSIC7080	2"	50	0	0.00	0.00	100.00
	1 3/4"	45	0.85	5.24	5.24	94.76
	1 1/4"	32	8.92	54.96	60.20	39.80
	1"	25	2.42	14.91	75.11	24.89
	5/8"	16	1.92	11.83	86.94	13.06
	1/2"	12.5	0.59	3.64	90.57	9.43
	3/8"	9.5	0.34	2.09	92.67	7.33
	1/4"	6.3	0.33	2.03	94.70	5.30
	PAN		0.86	5.30	100.00	0.00
		Σ	16.23	100		

A.11. Análisis granulométrico de la muestra GSIC8090.

Muestra	Malla		Peso Ret. (Kg)	% Ret.	% Ret. Acumulado	% Pasante
	N°	Abertura (mm)				
GSIC8090	2"	50	0	0.00	0.00	100.00
	1 3/4"	45	0.92	6.02	6.02	93.98
	1 1/4"	32	5.56	36.36	42.38	57.62
	1"	25	2.77	18.12	60.50	39.50
	5/8"	16	2.25	14.72	75.21	24.79
	1/2"	12.5	0.76	4.97	80.18	19.82
	3/8"	9.5	0.59	3.86	84.04	15.96
	1/4"	6.3	0.71	4.64	88.69	11.31
	PAN		1.73	11.31	100.00	0.00
			Σ	15.29	100	

A.12 Curva Granulométrica muestras GSIC7080 y GSIC8090.



APÉNDICE B
PROMEDIO PONDERADO EN SECTORES DEL PATIO RADIAL

B.1. Promedio ponderado del sector 00-10 del patio radial.

GSIC0010							
GRUPO LITOLÓGICO	PESO (%)	PESO (gr.)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
			% FeT	%SiO2	%Al2O3	%P	%PPC
COSTRA HEMATITICA	14.68	770.41	68.06	0.43	0.25	0.046	1.89
COSTRA LAMINADA	44.83	2352.69	65.58	0.51	0.44	0.099	5.34
COSTRA LIMONITICA	10.26	538.45	63.63	0.65	0.90	0.120	7.32
COSTRA MASIVA	25.84	1356.09	65.65	0.60	0.67	0.098	5.37
COSTRA GOETITICA	2.63	138.02	61.69	1.03	1.23	0.192	9.42
CUARCITA DURA	1.75	91.84	48.91	26.22	0.22	0.067	3.09
LATERITA	0.00	0.00	26.75	4.02	37.343	0.130	19.71
TOTAL	99.99	5247.50	PROMEDIO PONDERADO				
			65.37	1.00	0.53	0.095	5.11

B.2. Promedio ponderado del sector 10-20 del patio radial.

GSIC1020							
GRUPO LITOLÓGICO	PESO (%)	PESO (gr.)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
			% FeT	%SiO2	%Al2O3	%P	%PPC
COSTRA HEMATITICA	10.56	617.38	68.06	0.43	0.25	0.046	1.89
COSTRA LAMINADA	45.71	2672.39	65.58	0.51	0.44	0.099	5.34
COSTRA LIMONITICA	10.75	628.49	63.63	0.65	0.90	0.120	7.32
COSTRA MASIVA	26.17	1530.00	65.65	0.60	0.67	0.098	5.37
COSTRA GOETITICA	3.24	189.42	61.69	1.03	1.23	0.192	9.42
CUARCITA DURA	3.57	208.72	48.91	26.22	0.22	0.067	3.09
LATERITA	0.00	0.00	26.75	4.02	37.343	0.130	19.71
TOTAL	100	5846.40	PROMEDIO PONDERADO				
			64.93	1.47	0.55	0.097	5.25

B.3. Promedio ponderado del sector 20-30 del patio radial.

GSIC2030							
GRUPO LITOLÓGICO	PESO (%)	PESO (gr.)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
			% FeT	%SiO2	%Al2O3	%P	%PPC
COSTRA HEMATITICA	16.40	896.39	68.06	0.43	0.25	0.046	1.89
COSTRA LAMINADA	42.96	2348.11	65.58	0.51	0.44	0.099	5.34
COSTRA LIMONITICA	10.19	556.97	63.63	0.65	0.90	0.120	7.32
COSTRA MASIVA	27.08	1480.14	65.65	0.60	0.67	0.098	5.37
COSTRA GOETITICA	2.69	147.03	61.69	1.03	1.23	0.192	9.42
CUARCITA DURA	0.59	32.25	48.91	26.22	0.22	0.067	3.09
LATERITA	0.09	4.92	26.75	4.02	37.343	0.130	19.71
TOTAL	100	5465.80	PROMEDIO PONDERADO				
			65.57	0.70	0.57	0.095	5.09

B.4. Promedio ponderado del sector 30-40 del patio radial.

GSIC3040							
GRUPO LITOLÓGICO	PESO (%)	PESO (gr.)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
			% FeT	%SiO2	%Al2O3	%P	%PPC
COSTRA HEMATITICA	12.71	660.23	68.06	0.43	0.25	0.046	1.89
COSTRA LAMINADA	45.04	2339.65	65.58	0.51	0.44	0.099	5.34
COSTRA LIMONITICA	10.73	557.38	63.63	0.65	0.90	0.120	7.32
COSTRA MASIVA	31.29	1625.39	65.65	0.60	0.67	0.098	5.37
COSTRA GOETITICA	0.23	11.95	61.69	1.03	1.23	0.192	9.42
CUARCITA DURA	0.00	0.00	48.91	26.22	0.22	0.067	3.09
LATERITA	0.00	0.00	26.75	4.02	37.343	0.130	19.71
TOTAL	100	5194.60	PROMEDIO PONDERADO				
			65.70	0.54	0.54	0.094	5.13

B.5. Promedio ponderado del sector 40-50 del patio radial.

GSIC4050							
GRUPO LITOLÓGICO	PESO (%)	PESO (gr.)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
			% FeT	%SiO2	%Al2O3	%P	%PPC
COSTRA HEMATITICA	22.30	1112.55	68.06	0.43	0.25	0.046	1.89
COSTRA LAMINADA	53.77	2682.59	65.58	0.51	0.44	0.099	5.34
COSTRA LIMONITICA	4.46	222.51	63.63	0.65	0.90	0.120	7.32
COSTRA MASIVA	17.53	874.57	65.65	0.60	0.67	0.098	5.37
COSTRA GOETITICA	1.94	96.79	61.69	1.03	1.23	0.192	9.42
CUARCITA DURA	0.00	0.00	48.91	26.22	0.22	0.067	3.09
LATERITA	0.00	0.00	26.75	4.02	37.343	0.130	19.71
TOTAL	100	4989.00	PROMEDIO PONDERADO				
			65.98	0.52	0.47	0.090	4.74

B.6. Promedio ponderado del sector 50-60 del patio radial.

GSIC5060							
GRUPO LITOLÓGICO	PESO (%)	PESO (gr.)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
			% FeT	%SiO2	%Al2O3	%P	%PPC
COSTRA HEMATITICA	15.02	729.25	68.06	0.43	0.25	0.046	1.89
COSTRA LAMINADA	47.81	2321.27	65.58	0.51	0.44	0.099	5.34
COSTRA LIMONITICA	2.87	139.34	63.63	0.65	0.90	0.120	7.32
COSTRA MASIVA	29.32	1423.54	65.65	0.60	0.67	0.098	5.37
COSTRA GOETITICA	1.67	81.08	61.69	1.03	1.23	0.192	9.42
CUARCITA DURA	3.31	160.71	48.91	26.22	0.22	0.067	3.09
LATERITA	0.00	0.00	26.75	4.02	37.343	0.130	19.71
TOTAL	100	4855.20	PROMEDIO PONDERADO				
			65.30	1.39	0.50	0.092	4.88

B.7. Promedio ponderado del sector 60-70 del patio radial.

GSIC6070							
GRUPO LITOLÓGICO	PESO (%)	PESO (gr.)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
			% FeT	%SiO2	%Al2O3	%P	%PPC
COSTRA HEMATITICA	6.90	354.15	68.06	0.43	0.25	0.046	1.89
COSTRA LAMINADA	58.03	2978.45	65.58	0.51	0.44	0.099	5.34
COSTRA LIMONITICA	19.01	975.71	63.63	0.65	0.90	0.120	7.32
COSTRA MASIVA	12.89	661.59	65.65	0.60	0.67	0.098	5.37
COSTRA GOETITICA	2.44	125.24	61.69	1.03	1.23	0.192	9.42
CUARCITA DURA	0.73	37.47	48.91	26.22	0.22	0.067	3.09
LATERITA	0.00	0.00	26.75	4.02	37.343	0.130	19.71
TOTAL	100	5132.60	PROMEDIO PONDERADO				
			65.17	0.74	0.56	0.101	5.57

B.8. Promedio ponderado del sector 70-80 del patio radial.

GSIC7080							
GRUPO LITOLÓGICO	PESO (%)	PESO (gr.)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
			% FeT	%SiO2	%Al2O3	%P	%PPC
COSTRA HEMATITICA	10.88	607.63	68.06	0.43	0.25	0.046	1.89
COSTRA LAMINADA	60.50	3378.80	65.58	0.51	0.44	0.099	5.34
COSTRA LIMONITICA	8.15	455.16	63.63	0.65	0.90	0.120	7.32
COSTRA MASIVA	18.77	1048.27	65.65	0.60	0.67	0.098	5.37
COSTRA GOETITICA	1.70	94.94	61.69	1.03	1.23	0.192	9.42
CUARCITA DURA	0.00	0.00	48.91	26.22	0.22	0.067	3.09
LATERITA	0.00	0.00	26.75	4.02	37.343	0.130	19.71
TOTAL	100	5584.80	PROMEDIO PONDERADO				
			65.64	0.54	0.51	0.096	5.20

B.9. Promedio ponderado del sector 80-90 del patio radial.

GSIC8090							
GRUPO LITOLÓGICO	PESO (%)	PESO (gr.)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
			% FeT	%SiO2	%Al2O3	%P	%PPC
COSTRA HEMATITICA	17.53	909.14	68.06	0.43	0.25	0.046	1.89
COSTRA LAMINADA	33.31	1727.52	65.58	0.51	0.44	0.099	5.34
COSTRA LIMONITICA	8.72	452.24	63.63	0.65	0.90	0.120	7.32
COSTRA MASIVA	30.35	1574.01	65.65	0.60	0.67	0.098	5.37
COSTRA GOETITICA	6.98	362.00	61.69	1.03	1.23	0.192	9.42
CUARCITA DURA	3.11	161.29	48.91	26.22	0.22	0.067	3.09
LATERITA	0.00	0.00	26.75	4.02	37.343	0.130	19.71
TOTAL	100	5186.20	PROMEDIO PONDERADO				
			65.08	1.37	0.56	0.097	5.13

APÉNDICE C
CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL MINERAL DE
HIERRO GSIC DURANTE LA RECUPERACIÓN

C.1. Caracterización físico química del mineral de hierro GSICproveniente del patio radial durante la recuperación en el mes de octubre.

FECHA	TONELADAS	ANÁLISIS QUÍMICO				ANÁLISIS FÍSICO						
		% FeT	%SiO2	%PPC	%P	%H ₂ O	%+2" (+50,80 mm)	%+1 3/4" (+44,45 mm)	%+1" (+25,40 mm)	%+1/2" (+12,70 mm)	%+1/4" (+6,35 mm)	%- 1/4" (-6,35 mm)
24/10/2021	926	64.41	0.87	6.60	0.110	2.65	0.00	0.00	78.18	17.42	1.84	2.57
25/10/2021	369	64.41	0.87	6.60	0.110	2.65	0.00	0.00	78.18	17.42	1.84	2.57
26/10/2021	522	64.41	0.87	6.60	0.110	2.65	0.00	0.00	78.18	17.42	1.84	2.57
27/10/2021	252	64.41	0.87	6.60	0.110	2.65	0.00	0.00	78.18	17.42	1.84	2.57
28/10/2021	615	64.41	0.87	6.60	0.110	2.65	0.00	0.00	78.18	17.42	1.84	2.57
29/10/2021	661	64.41	0.87	6.60	0.110	2.65	0.00	0.00	78.18	17.42	1.84	2.57
30/10/2021	705	65.27	0.45	5.29	0.090	3.40	0.00	0.00	57.41	30.86	10.37	1.35
31/10/2021	418	65.76	0.84	3.96	0.082	6.25	2.54	12.73	61.37	16.21	6.26	0.90
	TOTAL	PROMEDIO PONDERADO										
	4,468.00	64.67	0.80	6.15	0.104	3.11	0.24	1.19	73.33	19.43	3.60	2.22
		DESVIACIÓN ESTÁNDAR										
		0.53	0.15	0.98	0.011	1.26	0.90	4.50	8.76	4.83	3.19	0.68
		PROMEDIO ARITMÉTICO										
		64.69	0.81	6.11	0.104	3.19	0.32	1.59	73.48	18.95	3.46	2.21

C.2. Caracterización físico química del mineral de hierro GSICproveniente del patio radial durante la recuperación en el mes de noviembre.

FECHA	TONELADAS	ANÁLISIS QUÍMICO				ANÁLISIS FÍSICO						
		% FeT	%SiO2	%PPC	%P	%H ₂ O	%+2"	%+1 3/4"	%+1"	%+1/2"	%+1/4"	%- 1/4"
							(+50,80 mm)	(+44,45 mm)	(+25,40 mm)	(+12,70 mm)	(+6,35 mm)	(-6,35 mm)
01/11/2021	253	65.76	0.84	3.96	0.082	5.46	2.54	12.73	61.37	16.21	6.26	0.90
02/11/2021	282	65.15	0.79	4.94	0.104	7.04	5.08	25.46	65.33	1.55	2.09	0.49
03/11/2021	477	66.23	2.04	2.17	0.078	3.88	0.00	0.00	57.41	30.86	10.43	1.30
05/11/2021	332	65.76	0.58	4.51	0.071	5.78	4.67	0.00	68.63	22.01	2.46	2.21
06/11/2021	503	65.89	0.64	4.21	0.075	5.70	0.00	0.00	59.35	27.16	11.30	2.18
07/11/2021	376	65.93	0.60	3.96	0.073	4.51	0.00	4.03	65.82	23.97	4.13	2.07
08/11/2021	460	65.84	0.48	3.48	0.083	3.86	2.29	0.00	47.61	47.23	2.06	1.34
09/11/2021	230	65.53	0.72	4.48	0.092	2.80	0.00	0.00	51.33	46.51	1.23	0.92
13/11/2021	38	64.38	0.36	6.70	0.120	2.48	0.00	0.00	44.27	47.92	7.61	0.21
14/11/2021	269	64.38	0.36	6.70	0.120	2.48	0.00	0.00	44.27	47.92	7.61	0.21
15/11/2021	445	64.65	0.28	6.37	0.092	2.86	0.00	0.00	43.14	48.29	8.18	0.39
16/11/2021	500	67.52	0.13	2.44	0.076	4.51	0.00	4.03	65.81	23.96	4.13	2.07
17/11/2021	379	64.23	1.17	5.52	0.130	2.30	0.00	0.00	47.49	41.54	10.23	0.74
18/11/2021	340	64.95	1.32	4.79	0.071	2.31	0.00	2.56	29.33	57.27	9.25	1.59
19/11/2021	66	64.87	1.21	5.00	0.119	2.42	0.00	5.53	29.49	55.87	8.05	1.07
20/11/2021	107	64.87	1.21	5.00	0.119	2.42	0.00	5.53	29.49	55.87	8.05	1.07
21/11/2021	190	64.98	0.76	5.32	0.106	2.72	0.00	2.21	41.66	47.33	7.89	0.92
22/11/2021	445	65.25	1.14	4.74	0.094	2.32	0.00	3.92	69.62	22.85	2.62	0.99
23/11/2021	333	64.81	1.20	5.34	0.102	2.14	0.00	0.00	54.16	41.45	3.92	0.48
24/11/2021	327	65.25	1.16	4.86	0.098	0.70	0.00	0.00	51.76	42.75	4.72	0.75
25/11/2021	282	64.85	1.10	6.55	0.100	2.37	0.00	6.90	85.06	6.99	0.44	0.61
26/11/2021	181	64.26	0.92	6.34	0.099	2.73	0.00	8.37	79.41	9.80	1.32	1.10
27/11/2021	233	64.95	0.88	5.40	0.103	1.99	0.00	3.82	67.60	25.25	2.60	0.74
28/11/2021	261	65.05	0.73	5.23	0.088	3.21	0.00	0.00	69.94	23.91	4.02	2.13
29/11/2021	264	65.05	0.73	5.23	0.088	3.21	0.00	0.00	69.94	23.91	4.02	2.13
	TOTAL	PROMEDIO PONDERADO										
	7,573.00	65.39	0.85	4.67	0.091	3.47	0.62	2.94	57.56	32.20	5.48	1.24
		DESVIACIÓN ESTÁNDAR										
		0.73	0.41	1.17	0.017	1.47	1.45	5.68	15.18	16.17	3.24	0.65
		PROMEDIO ARITMÉTICO										
		65.22	0.85	4.93	0.095	3.29	0.58	3.40	55.97	33.54	5.38	1.14

C.3. Caracterización físico química del mineral de hierro GSICproveniente del patio radial durante la recuperación en el mes de diciembre.

FECHA	TONELADAS	ANÁLISIS QUÍMICO				ANÁLISIS FÍSICO						
		% FeT	%SiO2	%PPC	%P	%H ₂ O	%+2"	%+1 3/4"	%+1"	%+1/2"	%+1/4"	%- 1/4"
							(+50,80 mm)	(+44,45 mm)	(+25,40 mm)	(+12,70 mm)	(+6,35 mm)	(-6,35 mm)
01/12/2021	273	65.30	0.69	5.02	0.08	3.50	0.00	3.50	71.84	22.91	0.76	1.00
02/12/2021	259	65.30	0.69	5.02	0.081	3.50	0.00	3.50	71.84	22.91	0.76	1.00
03/12/2021	258	65.30	0.69	5.02	0.081	3.50	0.00	3.50	71.84	22.91	0.76	1.00
04/12/2021	286	65.30	0.69	5.02	0.081	3.50	0.00	3.50	71.84	22.91	0.76	1.00
05/12/2021	323	65.30	0.69	5.02	0.081	3.50	0.00	3.50	71.84	22.91	0.76	1.00
06/12/2021	300	65.30	0.69	5.02	0.081	3.50	0.00	3.50	71.84	22.91	0.76	1.00
07/12/2021	256	66.23	0.90	5.05	0.086	2.86	1.44	3.35	65.75	27.78	1.08	0.60
08/12/2021	156	64.90	0.70	5.55	0.081	2.95	0.71	5.17	63.62	28.58	1.17	0.76
09/12/2021	273	64.90	0.70	5.55	0.081	2.95	0.71	5.17	63.62	28.58	1.17	0.76
10/12/2021	300	65.05	0.87	5.25	0.097	3.74	0.00	0.00	48.87	44.79	5.49	0.86
11/12/2021	280	65.40	0.71	4.88	0.074	3.82	11.46	12.65	71.62	2.75	0.72	0.81
12/12/2021	337	65.40	0.71	4.88	0.074	3.82	11.46	12.65	71.62	2.75	0.72	0.81
13/12/2021	11	65.09	1.09	5.02	0.084	2.82	0.00	0.00	28.84	60.31	9.46	1.40
14/12/2021	250	65.38	0.58	5.13	0.068	2.66	0.00	0.00	31.18	61.89	6.22	0.71
15/12/2021	197	65.38	0.58	5.13	0.068	2.66	0.00	0.00	31.18	61.89	6.22	0.71
	TOTAL	PROMEDIO PONDERADO										
	3,759.00	65.32	0.71	5.09	0.080	3.36	2.06	4.48	63.66	27.07	1.87	0.87
		DESVIACIÓN ESTÁNDAR										
		0.31	0.13	0.20	0.007	0.42	3.98	3.95	16.74	18.83	2.87	0.19
		PROMEDIO ARITMÉTICO										
		65.30	0.73	5.10	0.080	3.29	1.72	4.00	60.49	30.45	2.45	0.89

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

Título	CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MINERALÓGICA DEL MINERAL DE HIERRO, GRUESO SAN ISIDRO CALIBRADO (GSIC), UBICADO EN EL PATIO RADIAL, CVG. FERROMINERA ORINOCO, CIUDAD GUAYANA, MUNICIPIO CARONÍ, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Alcalá Espinoza María José	CVLAC	20.702.172
	e-mail	maria.alcala.e@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Mineral de hierro grueso
Especies de mineral de hierro
Ferrominera
Patio radial
Caracterización

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería Geológica	Geología

Resumen (abstract):

El patio radial, ubicado en la Planta de Procesamiento en Puerto Ordaz, perteneciente a la empresa CVG Ferrominera Orinoco C.A., contaba con un inventario de 15.800 tn de mineral de hierro grueso, que admitió un estudio de caracterización físico, químico y mineralógico del producto Grueso San Isidro Calibrado (GSIC), verificando que se encontrara dentro de especificaciones de calidad para el año 2021. De acuerdo al tipo de investigación “aplicada” se encontró una respuesta en el desarrollo de la tarea que realiza el personal de la Superintendencia de Calidad Fino y Grueso; poniendo en práctica los conocimientos de propiedades ópticas de los minerales y ensayos de laboratorio. El diseño de investigación fue documental, se realizó una compilación bibliográfica y datos estadísticos de trabajos anteriores, que sustentan la investigación. Se realizaron análisis físicos de humedad y granulometría, composición química, clasificación de las especies litológicas y estudios mineralógicos de las mismas, obteniendo los siguientes resultados: humedad promedio inicial de 1.36% y humedad promedio durante la recuperación 3.34%, este último fue un valor cercano a lo esperado según especificaciones técnicas de calidad. La fracción útil del mineral de hierro grueso fue de 85.41%, 9.43% sobre tamaño y 5.15% finos adheridos. Posterior a la recuperación del mineral grueso para la alimentación de planta de briqueta, se calculó que paso al sistema productivo 5.09% de mineral no recomendado, ni esperado, sin embargo, aumento la fracción utilizada en un 94.93% igual a 14.998,94 tn. El GSIC, se clasificó en 7 grupos litológicos: costra laminada (Vp) 48%, costra masiva (V) 24,36%, costra hematítica (Vh) 14,11%, costra limonítica (Vy) 9,46%, costra goetítica (Vg) 2,61%, cuarcita ferruginosa dura (If) 1,45% y laterita (Lat) 0,01%. Los estudios mineralógicos de los tipos de mena clasificados indicaron presencia de magnetita, hematita, martita, hidrohematita, goethita, limonita, ilmenita y ganga en menor cantidad. El grado químico promedio de las muestras; (en base al estudio de 9 muestras por sector y 48 muestras durante la recuperación); fue 63-65% FeT, 0.6-0.8% SiO₂, 0.090-0.110% P, 5-6.5% PPC. No habiendo observado ningún comportamiento atípico, se certificó el producto Grueso San Isidro Calibrado, almacenado en el patio radial entre los meses junio-diciembre, como mineral conforme a las especificaciones de calidad para el año 2021.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
González José	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLA	13.015.360
	e-mail	jsgonzalez78@gmail.com
	e-mail	
Sandoval Berenice	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLA	8.884.428
	e-mail	sandovalbereni@gmail.com
	e-mail	
Monteverde Francisco	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLA	12.192.676
	e-mail	monteverdefr@gmail.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLA	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2022	04	28
------	----	----

Lenguaje Spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis_Caracterización_Física_Química_Mineralógica_GSIC.docx
Tesis_Caracterización_Física_Química_Mineralógica_GSIC.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:

Extensión de Investigación

Temporal:

1 año

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Geólogo

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"**.

Letdo 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.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR <i>Martínez</i>
FECHA <i>5/8/09</i> HORA <i>5:30</i>

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Cuveldo
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/marija

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

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
Alcalá E. María J.

TUTOR
Prof. José González

JURADO
Prof. Berenice Sandoval

JURADO
Prof. Francisco Monteverde