



**Facultad de Metalurgia y Electromecánica
Departamento Metalurgia – Química**

**Diagnóstico de sistema de muestreo de
la planta de beneficio de Cieno
Carbonatado de la Empresa Comandante
Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A.**

**Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en
Metalurgia y Materiales**

AUTORA: Cheyla Bientz Reyes

Moa, 2024

“Año del 66 Aniversario del Triunfo de Revolución”



Facultad de Metalurgia y Electromecánica
Departamento Metalurgia – Química

**Diagnóstico de sistema de muestreo de la
planta de beneficio de Cieno
Carbonatado de la Empresa Comandante
Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A**

AUTORA: Cheyla Bientz Reyes

TUTOR(ES):

Dr.C Mercedes E Sosa Martínez
Ing. Luis Enrique Gonzáles Driggs
Ing. Adianes Ferrer Batista

Moa, 2024

“Año del 66 Aniversario del Triunfo de Revolución”

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas aquellas personas que de una forma u otra dieron su aporte para la realización de este trabajo de diploma.

Agradezco eternamente el esfuerzo, la dedicación y la preocupación de mis queridos padres y familia en general, en especial la de mi madre y abuela por su apoyo incondicional en todo momento y amor que nunca me faltó.

Eternamente agradecido con mi hermana por su amor y cariño, por su apoyo en estos años.

Agradezco a Dios porque me proporciona la fe, la salud, fuerza física y espiritual para lograr las metas propuestas.

Quisiera agradecer a mis tutores por el apoyo y preocupación que mostraron en la realización de esta investigación, en especial al Ing.

Adianes Ferrer Batista por cada uno de sus consejos, paciencia y entrega sin la cual no hubiera sido posible llegar hasta este momento.

Agradecer a los técnicos del laboratorio de la empresa Moa Nickel S.A por su apoyo y contribución en el desarrollo de las pruebas experimentales

DEDICATORIA

Dedico este trabajo que con tanto esmero lo he realizado a todas las personas que me dan amor y cariño, que sin ellos no podría realizar mis sueños en la vida, de manera especial a mis padres, por haber formado parte de este logro, a mis compañeros de estudios y amistades que marcaron todo este largo proceso Por último dedico todo mi sacrificio en la vida a Dios por permitirme todo en esta vida, mi estudio y permitirme llegar a lograr todas mis metas en la vida. Que siga bendiciendo a mi familia y a todos mis amigos, compañeros y profesores que contribuyeron de una forma u otra a que adquiriéramos nuestros conocimientos profesionales.

Les deseo un mundo lleno de mucha salud y sabiduría en la vida.

PENSAMIENTO

Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad.

Albert Einstein (1879-1955) Científico alemán.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Antecedentes de la investigación	2
1.2 Generalidades del sistema de muestreo	5
1.3 Normas y principios que se aplican al proceso de muestreo.	7
1.3.1 Ejemplos de normas de muestreo:.....	7
1.4 Descripción del flujo tecnológico	8
1.5 Conclusiones parciales	10
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
2.1 Toma y preparación de las muestras	11
2.2 Características de las muestras	11
2.3 Puntos de tomas de Muestras.....	12
2.3.1 Punto 1. Descarga de la barcaza.....	12
2.3.2 Punto 2 Salida de la Torre	13
2.3.3 Punto 3 Descarga del hidrociclón 2 y Punto 4 Salida del molino. .	14
2.3.4 Punto 5 Descarga del Hidrociclón 1.....	14
2.3.5 Punto 6 y 7 Salidas de los hidrociclones 1 y 2 respectivamente. .	15
2.3.6 Punto 8 Producto final de la planta.	15
2.4 Fundamentos y metodologías de cálculos de las metodologías empleadas.	16
2.4.1 Determinación de la concentración del Cloruro.	16
2.4.2 Determinación del porcentaje de sólidos en los puntos.....	16
2.4.3 Determinación del porcentaje de arena	17
2.5 Equipos y utensilios que se utilizaron.....	17

2.6	Metodologías empleadas	18
2.6.1	Determinación del cloruro.	18
2.6.2	Determinación del porcentaje de sólido	18
2.6.3	Determinación del porcentaje de arena:.....	18
2.7	Métodos de investigación empleados	19
2.8	Conclusiones parciales	20
CAPITULO 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....		21
3.1	Resultados del muestreo en los diferentes puntos muestreados:.....	21
3.1.1	Punto 1. Descarga de la barcaza.	21
3.1.2	Punto 2 Salida de la Torre	23
3.1.3	Punto 3 Descarga del hidrociclón 2 o entrada al molino y Punto 4 Salida del molino	25
3.1.4	Punto 5 Descarga del Hidrociclón 1.....	26
3.1.5	Punto 6 y 7 Salidas de los hidrociclones 1 y 2 respectivamente. .	28
3.1.6	Punto 8 Producto final de la planta.	29
3.2	Impacto medio ambiental	32
3.3	Conclusiones parciales del capítulo	33
CONCLUSIONES GENERALES.....		34
RECOMENDACIONES		35
BIBLIOGRAFÍA		36
ANEXOS		38

RESUMEN

En el presente trabajo de diploma se parte de las insuficiencias mostradas en la planta de cieno carbonatado, en cuanto a la no existencia de un sistema de muestreo. En el mismo se analizan los aspectos teóricos y antecedentes de la investigación, así como el sistema de muestreo a niveles internacionales y nacionales mediante la gestión bibliográfica. Se realizó un estudio sobre el comportamiento de los indicadores que influyen en la eficiencia del proceso. Se establecen las generalidades del sistema de muestreo a aplicar en las diferentes partes de la planta, así como sus normas. Se propone el sistema de muestreo a lo largo del proceso y se establecieron los procedimientos y métodos para la implementación del mismo, así como las metodologías para la toma de muestras y los parámetros de cálculo, como porcentajes de arena, sólido y concentraciones de iones cloruro. Se analizaron los principales resultados de la investigación, que permitieron hacer una propuesta del sistema de muestreo, se comprobaron los principales parámetros tecnológicos en la planta de cieno carbonatado, que llevaron a una mejora en la eficiencia de la misma. El estudio permitió comprobar los rangos operacionales para los parámetros tecnológicos según las normas internacionales en la pulpa de cieno carbonatado.

Palabras claves:

Sistema de muestreo, cieno carbonatado.

ABSTRACT

This diploma work starts from the insufficiencies shown in the carbonated sludge plant, in terms of the non-existence of a sampling system. It analyzes the theoretical aspects and background of the research, as well as the sampling system at international and national levels through bibliographic management. A study was carried out on the behavior of the indicators that influence the efficiency of the process. The generalities of the sampling system to be applied in the different parts of the plant are established, as well as its standards. The sampling system is proposed throughout the process and the procedures and methods for its implementation were established, as well as the methodologies for taking samples and calculation parameters, such as percentages of sand, solid and concentrations of chloride ions. . The main results of the research were analyzed, which allowed a proposal for the sampling system to be made, the main technological parameters in the carbonated sludge plant were verified, which led to an improvement in its efficiency. The study allowed us to verify the operational ranges for the technological parameters according to international standards in carbonated sludge pulp.

Keywords:

Sampling systems, carbonated silt

INTRODUCCIÓN

El níquel y el cobalto son considerados elementos químicos estratégicos y críticos, con una alta demanda en el mercado internacional.

En la resolución económica del V Congreso del Partido Comunista de Cuba (1997) se plantea que para la recuperación y desarrollo de la economía cubana es necesario intensificar el desarrollo de la industria Minero Metalúrgica, y como objetivo estratégico incrementar la producción de concentrados de níquel con mayor eficiencia en las inversiones (Peña Betancourt, 2014) .

Para cumplir estos lineamientos a mediano y largo plazo, se requiere que paralelamente al crecimiento progresivo de la producción se perfeccionen los parámetros y regímenes de trabajo de las instalaciones y el equipamiento tecnológico, para explotar de una forma más racional y eficiente las grandes reservas de recursos minerales existentes en los yacimientos niquelíferos de la región oriental de Cuba y se perfeccione el sistema de extracción minera; lo que garantizará la existencia de un proceso productivo continuo.

Para la extracción de estos elementos, generalmente se procesan menas lateríticas y sulfurosas. El agotamiento de las reservas de las últimas con contenidos considerables de níquel y cobalto, ha obligado el uso alternativo de las menas lateríticas como fuente de materia prima en los diferentes procesos hidro-pirometalúrgicos; debido a que contiene el 72,20 por ciento de los recursos de Ni disponibles en la superficie terrestre (Zevgolis & Daskalakis, 2021).

Los yacimientos lateríticos constituyen la materia prima para la obtención de níquel + cobalto, aunque en nuestro país se concentran reservas importantes, las producciones mundiales de estos elementos nos obligan a incrementar el control del proceso metalúrgico para poder competir en el mercado internacional con productos de alta calidad.

Existen actualmente dos fábricas que son las encargadas de toda la producción de níquel + cobalto ubicadas en el municipio de Moa, ellas son: la Empresa “Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A”, la cual produce sulfuros de

níquel + cobalto y “Ernesto Che Guevara”, que obtienen como producto final sínter de níquel + cobalto.

La empresa mixta cubana canadiense, Comandante Pedro Sotto Alba. Moa Nickel SA, utiliza un proceso hidrometalúrgico, mediante la lixiviación ácida a presión, única en su tipo en la nación cubana y líder en cuanto a su rendimiento en el mundo, que cuenta en su proceso tecnológico con las siguientes plantas principales: preparación y espesadores de pulpa, lixiviación y lavado, neutralización, precipitación de sulfuros y secado.

La planta de neutralización es la única en el mundo de tecnología ácida que utiliza cieno carbonatado en el proceso de neutralización, ya que el resto de las, como es el caso de las australianas (Murrin – Murrin, Cawse, Bulong) utilizan calizas beneficiadas más un producto llamado calcreta resultado de la molienda de restos fósiles recientes (Carlson & Simons, 1961); (Hellsten, 1961)

Por ello, es imprescindible la utilización del carbonato de calcio, (CaCO_3) contenidos en los cienos carbonatados de la bahía de Moa en la planta de neutralización, para alcanzar el pH óptimo del licor lixiviado que se obtiene a partir de la lixiviación del mineral níquelífero con vista a su posterior procesamiento en el área de precipitación de sulfuros.

La pulpa de cieno carbonatado es de color gris y es extraída de una de las minas más grandes del mundo, situada al oeste de cayo grande de Moa, la cual es sometida a un proceso de beneficio, en la planta de preparación de pulpa de coral en la zona portuaria, las partículas mayores que 20 Mesh forman el rechazo, esto se logra por medio de un sistema de cribado, las de menor diámetro son enviadas a los sedimentadores con el objetivo de incrementar el porcentaje de sólido hasta el valor de diseño de 40 – 45 porcentaje bajo condiciones idóneas, esta pulpa es enviada a la planta de neutralización por medio de un sistema de transporte hidráulico por tuberías para ser almacenada en los tanques .

Estudios realizados en el (2014) en la planta de preparación de mineral de cieno carbonatado, arrojaron las características químicas y granulométricas de la

pulpa, así como también los parámetros tecnológicos del material para las capacidades de producción de la empresa Comandante Pedro Soto Alba Moa Nickel S.A

Ante las deficiencias existentes en el proceso tecnológico se hace necesario realizar el diagnóstico del sistema de muestreo lo que constituye en esencia la situación problemática de esta investigación.

Planteamiento del problema

Insuficiente conocimiento del sistema de muestreo en la planta de beneficio de cienos carbonatados para las características actuales del mineral, limitan la determinación de los principales parámetros tecnológicos en las diferentes zonas de la misma.

Objeto

Planta de beneficio de cienos carbonatados.

Campo de acción

Sistema de muestreo de la planta de beneficio de cienos carbonatados.

Objetivos

Objetivo general

Diagnosticar y proponer el sistema de muestreo adecuado de la planta de beneficio según normas internacionales.

Objetivos específicos

1. Determinar las zonas para la toma de muestra en la planta de cieno carbonatado.
2. Proponer y realizar los procedimientos del sistema de muestreo para determinar los parámetros tecnológicos en la planta de cieno carbonatado.
3. Realizar el estudio de los rangos operacionales de los parámetros tecnológicos según las normas internacionales de la pulpa de cieno carbonatado.

Hipótesis

Si se establece un diagnóstico al sistema de muestreo de la planta de beneficios de cienos carbonatados considerando las normas internacionales, se podrán determinar las zonas para la toma de muestras y establecer los parámetros tecnológicos que permita mejorar las capacidades actuales de producción de la empresa Comandante Pedro Soto Alba Moa Nickel S.A.

Resultados esperados

Se espera con esta investigación:

1. Obtener nuevos conocimientos que contribuyan al desarrollo personal, social y científico.
2. Establecer los puntos estratégicos para la realización del análisis del sistema de muestreo en la planta de cieno carbonatado.
3. Conocer el comportamiento de los principales parámetros tecnológicos en la planta de beneficio de cieno carbonatado a partir del sistema de muestreo.

Estructura de la tesis

La tesis está estructurada en las siguientes partes:

Introducción: Se muestran el diseño metodológico de la investigación resumido en problema científico, objeto, campo de acción, objetivos, hipótesis y aportes de la investigación.

Capítulo 1: Se analizan los aspectos teóricos y antecedentes de la investigación, así como el sistema de muestreo a niveles internacionales y nacionales mediante la gestión bibliográfica que garantice una mejor toma de decisión en cuanto a la determinación de los parámetros tecnológicos en la planta de cieno carbonatado.

Capítulo 2: Se exponen los principales materiales y métodos de la investigación utilizados para dar cumplimiento a los objetivos de la misma.

Capítulo 3: Se analizan los principales resultados de la investigación que permiten hacer una propuesta del sistema de muestreo, para determinar los principales parámetros tecnológicos en la planta de cieno carbonatado de la empresa Comandante Pedro Sotto Moa Nickel S.A, considerando las capacidades actuales de la planta y las características del cieno carbonatado.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se expone un análisis de los distintos aspectos relacionados con el proceso de beneficios de cienos carbonatados, con la finalidad de disponer de los elementos básicos y de las tendencias actuales que resulten esenciales para el desarrollo de la investigación, considerando estudios precedentes en el tema, con el objetivo de establecer los fundamentos teóricos necesarios para el estudio del sistema de muestreo en la planta de beneficio de cieno carbonatado.

1.1 Antecedentes de la investigación

En la década de los 60 se inicia la extracción de los cienos carbonatados (denominados en esa época “coral” o “fangos coralinos”). En 1964 el Centro Coordinador para el Desarrollo del Norte de Oriente, solicitó al I.C.R.M. (Instituto Cubano de Recursos Minerales) la realización de estudios de localización y ubicación de las reservas de “coral”, para después tomar decisiones respecto a la tecnología a adoptar en el proceso de refinación del níquel (Peña Betancourt, 2014).

Los primeros estudios sobre el tema se reportan en la literatura (Castillo, 1988); (Correa, 1957) problemas con la extracción y utilización de la materia prima, recomendando el empleo de la fracción gruesa (fracción retenida en la malla de 20 mesh) constituidos por conchas de moluscos, algas calcáreas y restos de corales teniendo en cuenta sus perspectivas por contenidos de carbonato de calcio.

En los trabajos realizados por (Nápoles, 1992) se evaluó la materia prima para contenido de carbonato de calcio y granulométricamente en las mallas +20, +100, +325 y -325 mesh y se calcularon reservas en categoría industrial.

La principal deficiencia en la ejecución de estos trabajos radica en que no se contó con los recursos técnicos adecuados que garantizarán el posicionamiento confiable de las labores realizadas en correspondencia con la exigencia de las escalas de los trabajos.

En trabajos realizados por (Campos, 2001) se refleja el carácter terrígeno de los sedimentos que conforman el depósito, además de la composición química y mineralógica donde se establece la exclusión de los mismos los cuales proceden de la formación de las rocas de la asociación ofiolítica y de la corteza de interperismos lateríticos vinculados a la misma

El cieno carbonatado, como ya se ha dicho es minado en la bahía y transportado hasta la planta de coral establecida en áreas aledañas al puerto de Moa. En la misma es sometido a un proceso de beneficio para la utilización del material menor de 20 mesh, y el resto constituye el rechazo que es almacenado en depósitos cercano .

Este material después de beneficiado se somete a un proceso de aumento de la concentración en un rango entre un 30 y 45 porciento de sólido en los tanques (el cual es el contenido requerido en el proceso de neutralización). Posteriormente es transportado hasta la empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A ubicada a 4 km, mediante un sistema de transporte por tuberías. Se han realizado otras investigaciones en las cuales el cieno carbonatado constituye el objeto de estudio, se establecen las características físico – químicas de la hidromezcla para la evaluación del sistema de bombeo en la planta de Neutralización. (Hernandez, 2003); muestra el gráfico que relaciona el factor de fricción en función del número de Reynolds y Hedstron. (Jimenez, 2005). Partiendo de la caracterización del cieno carbonatado se evalúa además la instalación existente para la transferencia de la pulpa desde el puerto hasta la planta de Neutralización. (Romero.G.Y, 2023) Propuso una metodología para fluidos pseudoplásticos, con la caracterización reológica y de densidad de la pulpa de cieno carbonatado

Se realiza un estudio sobre la caracterización de las pulpas de cieno carbonatado para su perfeccionamiento en el hidrot transporte (Caballero, 2008), con el objetivo de describir el comportamiento reológico de las muestras tomadas y el modelo matemático que lo describe. En el análisis de granulometría de las pulpas se obtiene un predominio mayoritario de partículas finas inferiores a 0.046 mm siendo el 70% en peso de las muestras y un comportamiento reológico de flujo plástico Bingham. (Martinez, 2009) realiza una caracterización de las pulpas de cieno carbonatado que son transportadas por tuberías, donde obtiene un modelo matemático para describir el comportamiento de dicho material durante su movimiento por tuberías y la ecuación de la caída de presión para los plásticos Bingham a partir del modelo de Buckingham-Reiner.

Posteriormente (Suarez, 2010) realizó un estudio cinético de la molienda del rechazo del cieno carbonatado, para llevar a cabo este estudio se realizaron

diferentes pruebas, tanto análisis granulométrico como químico con el objetivo de determinar si podría ser utilizado en el proceso.

Para realizar el estudio cinético se establece un sistema de molienda mediante un molino de bolas por vía seca, que permita establecer el tiempo de molienda en que las partículas de clase de tamaño 0,83 mm alcanzan más del 80%. Los tiempos de moliendas establecidos son 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos. La caracterización del material de rechazo se realizó a través de análisis químicos para los tiempos de molienda 25 y 30 minutos obteniendo un predominio del elemento calcio y un elevado valor del carbonato de calcio contenido en dicho material.

En ese mismo año (Tamayo, 2010) trabajó en la determinación del índice de Bond para el cieno carbonatado de Cayo Moa con el fin de resolver una de las problemáticas existente en la planta de coral del Puerto de Moa la cual se refiere al no aprovechamiento de las fracciones gruesas (rechazo) de este material. La investigación se realizó en el laboratorio de beneficio de minerales del Instituto Superior Minero Metalúrgico, el cual no posee instalaciones para estos fines, por lo que fue necesario utilizar un molino de bola de 185 mm de diámetro y 240 mm longitud. En este se determinó el consumo específico de energía a escala de laboratorio para la clase menor de 6,3 mm mediante el ensayo de Bond, determinándose que el índice operacional para el material es de 14,74kWh/t.

(Ramirez, 2012) , estudia la obtención de una pulpa de cienos carbonatados con no más de un 14% de la fracción de +0,15mm, sin afectar el contenido de sólidos que se alimenta al primer sedimentador mediante la técnica de hidrociclones. Se realizaron corridas a nivel de laboratorio para determinar la influencia del contenido de sólidos y de la presión de bombeo, determinándose que el este en el rango estudiado no es un parámetro influyente en el proceso. También se comprobó que con una presión de alimentación de 0,68 atm se obtiene en el reboso del hidrociclón una pulpa con las especificaciones requeridas del proceso industrial. Sin embargo es necesario realizar un mayor número de corridas y a otras escalas, realizando una valoración económica más profunda para su introducción en el proceso industrial.

También se relacionaron las propiedades físicas – mecánica y química de los mismos, además se determinaron los parámetros de reducción de tamaño del rechazo provenientes del fondo marino y almacenados en los diferentes

depósitos. Se realizó una valoración económica de la variante propuesta, la cual mostró índice de rentabilidad positivos, además del impacto ambiental que se logrará incrementar la vida útil en la minería de los cienos carbonatados.

Al año siguiente (Breff, 2014) trabajó se estudió la inclusión de un circuito de clasificación (hidrociclón) y una unidad de molienda en el esquema tecnológico de la planta de beneficios de cienos carbonatados. Este esquema permitirá recuperar el 100 % de los cienos carbonatados minados y alimentará una pulpa con las especificaciones requeridas a la planta de neutralización.

(Martínez & Hernández, 2015), los cuales plantean que para las pulpas de cieno carbonatado que presentan un contenido de sólido entre un 17–23 % pueden ajustarse al modelo de Ostwald de Waele, según su comportamiento reológico.

(León.M.G, 2023)Se evalúa el material carbonatado de la región de Yaguaneque como adición para la producción de aglomerantes ternarios tipo TQC en Moa, mediante la caracterización química y mineralógica de la materia prima y la determinación se la resistencia a la compresión de los sistemas sarmenticios ternarios.

(Mulet.M, 2023) Constituye una propuesta de un sistema de automatización para el control de proceso del circuito de aprovechamiento de cienos carbonatados en la Empresa Mixta Moa Nickel SA.

Sin embargo en los trabajos anteriormente descritos se puede comprobar que las investigaciones realizadas sobre el cieno carbonatado están centradas en dos puntos fundamentales, las características del material existente en la bahía de Moa para su utilización, y la caracterización de la pulpa para su transportación por tuberías.

1.2 Generalidades del sistema de muestreo

El sistema de muestreo es una técnica utilizada en la investigación y la estadística para obtener información sobre una población utilizando una muestra representativa. Consiste en seleccionar una muestra de individuos o elementos de la población de interés y luego realizar mediciones o recopilar datos de esa muestra.

El objetivo del sistema de muestreo es obtener datos representativos de la población completa sin necesidad de estudiar o encuestar a todos los individuos

de dicha población. Esto se logra seleccionando una muestra que sea lo más similar posible a la población en términos de características relevantes.

Existen diferentes métodos de muestreo, como el muestreo aleatorio simple, el muestreo estratificado, el muestreo por conglomerados y el muestreo sistemático, entre otros. Cada método tiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección del método depende del objetivo de la investigación y de las características de la población.

Una vez que se ha seleccionado la muestra, se recopilan los datos necesarios y se realizan los análisis correspondientes para obtener conclusiones sobre la población en su conjunto. Es importante tener en cuenta que los resultados obtenidos a partir de la muestra se extrapolan a la población completa, por lo que es fundamental que el proceso de muestreo sea riguroso y representativo.

1. Representatividad: El objetivo principal del muestreo es obtener una muestra que sea representativa de la población en estudio. Esto significa que la misma debe reflejar las características y la variabilidad de la población de manera precisa.

2. Error muestral: El muestreo implica un margen de error o incertidumbre asociado a las estimaciones realizadas a partir de la muestra. Este error muestral se debe a la variabilidad inherente a la selección de una muestra en lugar de estudiar a toda la población. Cuanto mayor sea el tamaño de la muestra, menor será el error muestral.

3. Tamaño de la muestra: El tamaño de la muestra es un factor importante en el diseño del muestreo. Un tamaño de muestra adecuado es necesario para obtener resultados confiables y precisos. El tamaño óptimo de la muestra depende de varios factores, como el nivel de confianza deseado, el tamaño de la población y el nivel de precisión requerido.

4. Métodos de muestreo: Existen diferentes métodos de muestreo que se utilizan según las características de la población y los objetivos de la investigación.

1.3 Normas y principios que se aplican al proceso de muestreo.

1. Representatividad: La muestra seleccionada debe ser representativa de la población en estudio. Esto significa que cada individuo o elemento de la población debe tener una probabilidad conocida y no nula de ser seleccionado en la muestra. La muestra debe reflejar las características y la variabilidad de la población de manera precisa.

2. Aleatoriedad: La selección de la muestra debe realizarse de forma aleatoria. Esto implica que todos los individuos o elementos de la población deben tener la misma oportunidad de ser seleccionados en la muestra. Esto se puede lograr utilizando métodos como el muestreo aleatorio simple, donde cada individuo tiene la misma probabilidad de ser seleccionado.

3. Tamaño de la muestra: El tamaño de la muestra debe ser lo suficientemente grande como para obtener resultados confiables y precisos. El tamaño óptimo de la muestra depende de varios factores, como el nivel de confianza deseado, el tamaño de la población y el nivel de precisión requerido. En general, a mayor tamaño de muestra, menor será el error muestral.

4. Métodos de muestreo: Es importante seleccionar el método de muestreo adecuado según las características de la población y los objetivos de la investigación.

5. Registro y documentación: Es fundamental llevar un registro detallado de todo el proceso de muestreo, incluyendo la forma en que se seleccionó la muestra, el tamaño de la muestra, las características de la población, etc. Esto permite verificar la validez y la representatividad de la muestra, así como replicar el estudio en el futuro.

1.3.1 Ejemplos de normas de muestreo:

1. Muestreo aleatorio simple: En este método, cada individuo o elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado en la muestra. Esta

norma garantiza una selección imparcial y aleatoria de la muestra, lo cual es fundamental para obtener resultados representativos.

2. Muestro de punto: es una técnica de muestreo estadístico utilizada para obtener una muestra representativa de una población, en este la población se divide en puntos específicos y se coloca una muestra de estos puntos, la selección de los puntos puede ser aleatoria o basada en criterios específicos.

3. Muestreo por cuarteo: es una técnica por muestreo utilizado para obtener una muestra representativa de un material granular o en polvo. Es un método sencillo u efectivo para reducir una gran cantidad de material a una muestra más pequeña, manteniendo la representatividad del material original.

1.4 Descripción del flujo tecnológico

El objetivo de esta planta es formar una pulpa de cieno carbonatado con un sólido entre 40 y 45 % según se muestra en la tabla 1.1 donde el contenido de arena debe ser menor del 17 % y cloruro menor de 70 ppm. Además sirve de almacenaje para mantener un suministro estable a la planta de Neutralización.

Tabla 1 Característica de diseño de la pulpa de cieno carbonatado

Parametros	Diseño
Densidad(kg/m^3)	1320 –1340
% solido	40–45
% arena	≤ 17
Cloruro (ppm)	500–600
Carbonato de calcio %	≥ 87
Composicion granulometrica (–325 mesh)%	≤ 76
pH	8–9

Fuente: Datos técnicos planta de cieno

El cieno carbonatado se extrae de las formaciones coralinas del fondo del mar en la Bahía de Moa. El proceso de minado se realiza con grúas que utilizan palas de cubos bivalvas como medio de extracción, las que depositan el cieno carbonatado sobre las patanas que lo trasladan hasta la planta de preparación de pulpa de cieno carbonatado. Una vez en esta, se descarga el mineral en un

depósito, que tiene capacidad para 800 TM o se alimenta directamente al embudo de la lavadora, esta descarga o alimentación se realiza con una grúa situada en tierra.

El cieno carbonatado que se alimenta al embudo entra en contacto con el agua inyectada por los spray, pasa a través de una criba fija que deja pasar las partículas menores de 152.4 mm y cae por gravedad a la lavadora de paletas;; en este equipo es donde se define la eficiencia de la planta. Después de formada la pulpa en la lavadora se descarga a una zaranda vibratoria de doble paño donde el tamizado es ayudado por agua a presión (entre 30 y 40 lb/pulg), la malla superior es de 0.25 pulg. y la inferior es de 0.833 mm, después del tamizado se obtiene por una parte el rechazo (representa aproximadamente el 10 % del cieno carbonatado procesado) y por otro lado la pulpa de cieno carbonatado con un sólido entre 10 y 20 % (siempre debe buscarse los valores más bajos dentro de este rango), ésta pulpa es bombeada hacia el espesador #1; toda el agua utilizada en los equipos señalados anteriormente es proveniente del reboso del espesador #1.

Para lograr bajar la concentración de cloruro de sodio y subir el porcentaje de sólido a los valores establecidos existen dos sedimentadores con el sistema de lavado a contra corriente.

Antes de ser alimentada la pulpa al sedimentador #1, entra en contacto con el agua de reboso del sedimentador #2 en la caja de alimentación de este espesador, de aquí se alimenta al sedimentador por un tubo que descarga en la parte superior y central del mismo, en éste tubo es donde ocurre el proceso de lavado.

Del fondo del sedimentador #1 se extrae la pulpa espesada y se bombea a la caja de alimentación del sedimentador #2 donde se le adiciona agua cruda para efectuar la ultima etapa de lavado de la misma forma que se hizo en el sedimentador anterior, después de espesada la pulpa se bombea a un tanque (TK-3) de donde se bombea para la planta de Neutralización.

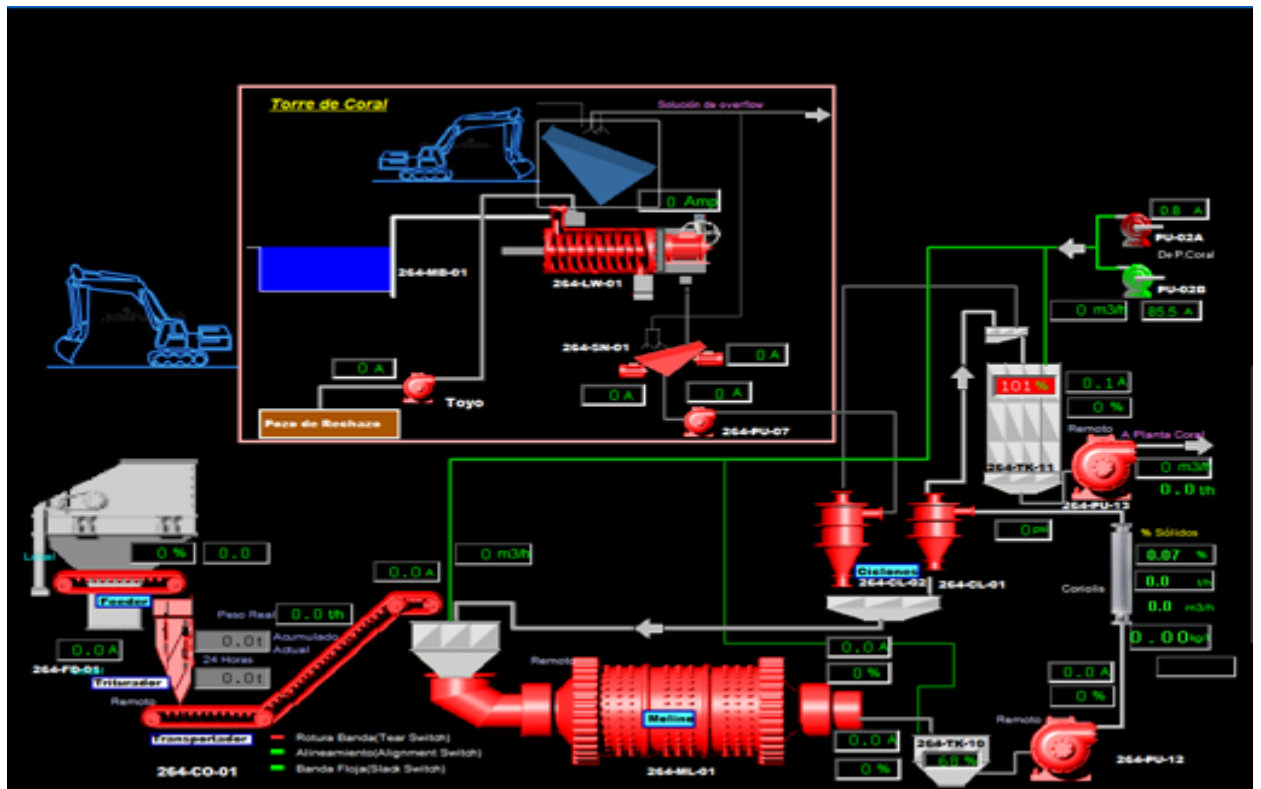


Figura 1 Flujo Tecnológico de la Planta de cieno carbonatado.

1.5 Conclusiones parciales

Se analizaron los aspectos teóricos y antecedentes de la investigación, así como el sistema de muestreo a niveles internacionales y nacionales mediante la gestión bibliográfica que garantiza una mejor toma de decisión en cuanto al estudio de los parámetros tecnológicos en la planta de cieno carbonatado.

Se establecen las generalidades del sistema de muestreo a aplicar en las diferentes partes de la planta, así como sus normas.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los conocimientos sobre las características granulométricas y químicas del ceno carbonatado para su utilización industrialmente en la empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA expuestos por (Peña Betancourt, 2014) en su trabajo de diploma, contribuyen a la selección de métodos adecuados de evaluación y toma de decisiones en la solución de problemas asociados al aprovechamiento de dicho material, teniendo como base este trabajo en este capítulo se abordarán los métodos y materiales empleados, indispensable para una correcta toma de muestra.

2.1 Toma y preparación de las muestras

Para realizar el estudio se tomaron muestras representativas en los diferentes puntos de la planta, en la descarga de la barcaza, la salida de la torre, en las descargas y salidas de los hidrociclones, así como la entrada y salida del molino y el producto final obtenido en la planta, aplicando los métodos y procedimientos explicados posteriormente. El muestreo se realizó durante un periodo de 30 días de trabajo laboral, los días lluviosos de paro u otras eventualidades de desechan. Las muestras se realizan cada 24 horas, se vierte en un recipiente y se vierte a un compósito. Luego se traslada hasta los laboratorios de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nikel SA.

2.2 Características de las muestras

La muestra es una pulpa de color gris claro, formada por agua y sólidos de carbonato de calcio (coral) con un contenido químico aproximadamente de 90% de carbonato de calcio, procedente de los fondos coralinos de la bahía de Moa, que se beneficia mediante lavado y cribado en la torre de coral y posteriormente se envía a los sedimentadores (Moa Nickel S.A, Pedro Sotto Alba, 2011).

2.3 Puntos de tomas de Muestras.

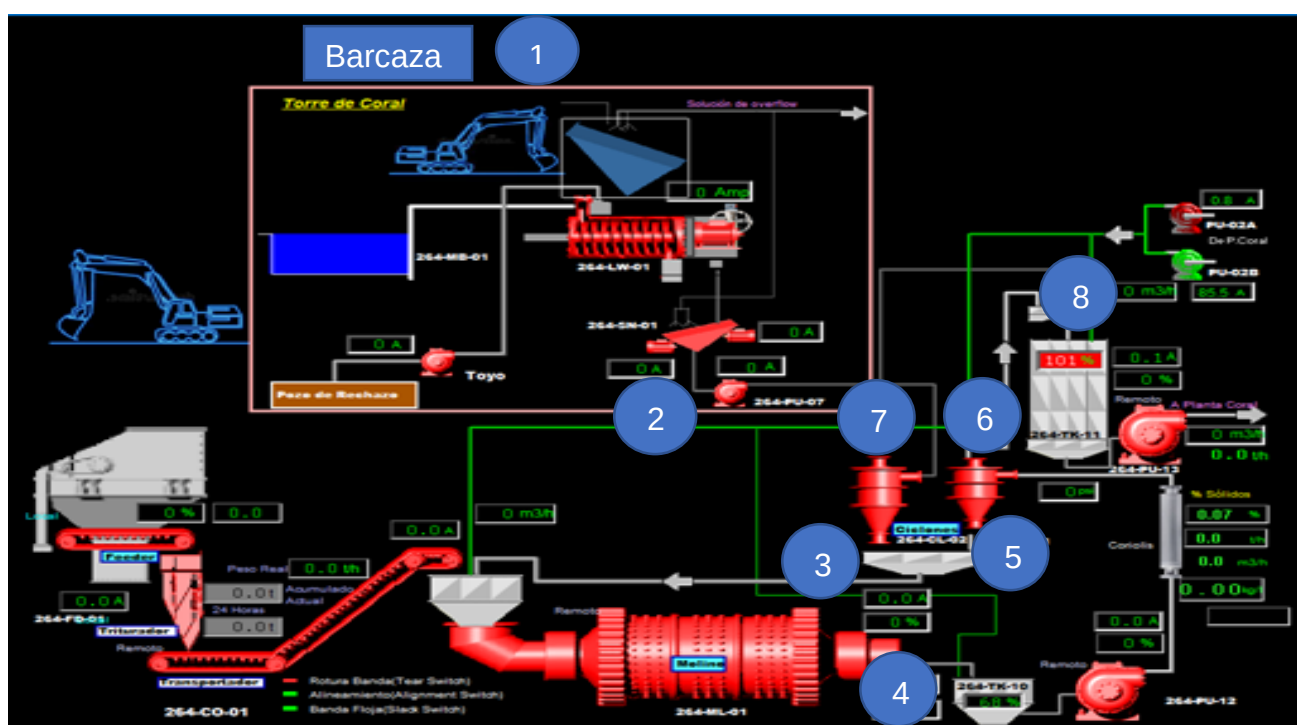


Figura 2 Puntos de Tomas de muestras.

Punto 1: Descarga de la barcaza.

Punto 2: Salida de la torre de coral

Punto 3: Descarga del hidrociclón 2 o entrada al molino.

Punto 4: Salida del molino.

Punto 5: Descarga del hidrociclón 1 o recirculación al molino.

Punto 6: Salida del hidrociclón 1.

Punto 7: Salida del hidrociclón 2.

Punto 8: Producto final de la planta.

2.3.1 Punto 1. Descarga de la barcaza.

Para realizar el estudio se tomaron muestras representativas en diferentes puntos de la descarga de la barcaza, se aplica el método aleatorio simple, el cual consiste en seleccionar una muestra de una población de manera aleatoria, donde cada individuo o elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado.

El volumen tomado es aproximadamente de dos kilogramos, hasta obtener un volumen lo suficientemente representativo. El muestreo se realizó durante un

periodo de 30 días de trabajo laboral, los días lluviosos de paro u otras eventualidades de desechan. Las muestras se realizan cada 24 horas, se vierte en un recipiente y se vierte a un compósito. Luego se traslada hasta los laboratorios de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A.

2.3.2 Punto 2 Salida de la Torre

Para realizar el estudio se tomaron muestras representativas en la salida de la torre, se aplica el método de puntos (Mitrofánov, 1984). El número de puntos de obtención de muestra depende de la regularidad del área de minado y la dimensión de la superficie sujeta al muestreo. El volumen tomado en cada punto es de aproximadamente de dos kilogramos, hasta obtener un volumen lo suficientemente representativo. El muestreo se realizó durante un periodo de 30 días de trabajo laboral, los días lluviosos de paro u otras eventualidades de desechan. Las muestras se realizan cada 24 horas, se vierte en un recipiente y se vierte a un compósito. Luego se traslada hasta los laboratorios de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A.

Primeramente se homogeniza el material por el método de cono y anillo, luego se determina el porcentaje arena y porcentaje de sólido del material traído de la empresa.

Método del cuarteo.

El método del cuarteo se efectúa por el lanzamiento en el cono. El lanzamiento en el cono consiste en que el material, mediante una pala, se echa en el vértice de un montón que adquiere a la forma de cono, y se distribuye uniformemente por todos sus lados. El menudo restante se barre minuciosamente y también se arroja en el vértice del cono. Después de esto se coloca una tabla delgada de madera en el vértice del cono y se introduce a presión en el material aproximadamente a una profundidad equivalente a la anchura de la tabla. Luego, conservando la posición de la tabla paralela a la posición inicial, y por tanto, a la base, dicha tabla se desplaza a un lado. Con esto el material arrastrado por la tabla se distribuirá por la superficie lateral de la mitad del cono. Después la tabla en la misma posición, se mueve en dirección contraria y se desplaza la segunda mitad del material desde el vértice del cono hacia la superficie lateral de la otra mitad del cono truncado. Más tarde esta posición de la tabla se cambia en 90°. La operación de nivelación se repite hasta que se obtenga una capa de mineral

cómoda para el cuarteo, la cual debe ser no mayor de 100 a 150 mm y tener un diámetro no menor que las mayores partículas del material. Se puede nivelar el cono con una pala, desplazando gradualmente el material desde el eje del mismo, por los radios hacia la periferia.

El cuarteo se realiza después de nivelar el montón: con la arista de esa misma tabla en la capa del material se hacen dos surcos mutuamente perpendiculares, los cuales se cruzan en proyección del vértice, así el montón se divide en cuatro partes. Posteriormente dos cuartos opuestos se une siendo estos la mitad de la muestra. Una mitad de ésta se desecha, y con la otra, se repite las operaciones de lanzamiento en el cono y cuarteo, la operación se repite hasta que no se obtenga la muestra con la masa correspondiente al diámetro de las partículas más gruesas del material.

2.3.3 Punto 3 Descarga del hidrociclón 2 y Punto 4 Salida del molino.

Para realizar el estudio se tomaron muestras representativas en la entrada y descarga del molino de bola, se aplica el método de puntos (Mitrofánov, 1984). El número de puntos de obtención de muestra depende de la regularidad del área de minado y la dimensión de la superficie sujeta al muestreo. El volumen tomado en cada punto es aproximadamente de dos kilogramos, hasta obtener un volumen lo suficientemente representativo. El muestreo se realizó durante un periodo de 30 días de trabajo laboral, los días lluviosos de paro u otras eventualidades se desechan. Las muestras se realizan cada 24 horas, se vierte en un recipiente y se vierte a un compósito. Luego se traslada hasta los laboratorios de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A. Primeramente se homogeniza el material por el método de anillo y el cono, luego se determina la composición granulométrica del material traído de la empresa, además del porcentaje arena y porcentaje del sólido. Se toma el método de cuarteo para la selección de las muestras.

2.3.4 Punto 5 Descarga del Hidrociclón 1.

Para realizar el estudio se tomaron muestras representativas en la descarga del hidrociclón 1, la cual sería la recirculación al molino, se aplica el método de puntos (Mitrofánov, 1984).

El muestreo se realizó durante un periodo de 30 días de trabajo laboral, los días lluviosos de paro u otras eventualidades de desechan. Las muestras se realizan cada 24 horas, se vierte en un recipiente y se vierte a un compósito. Luego se traslada hasta los laboratorios de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A.

Primeramente se homogeniza el material por el método de cono y anillo, luego se determina el porcentaje arena y porcentaje de sólido del material traído de la empresa.

2.3.5 Punto 6 y 7 Salidas de los hidrociclones 1 y 2 respectivamente.

Para realizar el estudio se tomaron muestras representativas en la salida del hidrociclón 1 y 2 respectivamente, se aplica el método de puntos (Mitrofánov, 1984).

El muestreo se realizó durante un periodo de 30 días de trabajo laboral, los días lluviosos de paro u otras eventualidades de desechan. Las muestras se realizan cada 24 horas, se vierte en un recipiente y se vierte a un compósito. Luego se traslada hasta los laboratorios de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A.

Primeramente se homogeniza el material por el método de cono y anillo, luego se determina el porcentaje arena y porcentaje de sólido del material traído de la empresa.

2.3.6 Punto 8 Producto final de la planta.

Para realizar el estudio se tomaron muestras representativas en la salida del tanque del producto final, se aplica el método de puntos (Mitrofánov, 1984).

El muestreo se realizó durante un periodo de 30 días de trabajo laboral, los días lluviosos de paro u otras eventualidades de desechan. Las muestras se realizan cada 24 horas, se vierte en un recipiente y se vierte a un compósito. Luego se traslada hasta los laboratorios de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A.

Primeramente se homogeniza el material por el método de cono y anillo, luego se determina el porcentaje arena y porcentaje de sólido del material traído de la empresa.

2.4 Fundamentos y metodologías de cálculos de las metodologías empleadas.

2.4.1 Determinación de la concentración del Cloruro.

Fundamentos del método:

La porción del ensayo se hace reaccionar con solución de nitrato mercurio (II) en presencia de difenil carbazona como indicador y se valora hasta cambio de amarillo a violeta.

Método de cálculo:

$$\text{mg/L de Cloruro} = (V_1 - V_2) N * 35.457 * 1000 / V_3$$

Donde:

V₁: Volumen de la solución de Hg (NO₃)₂ consumido de la valoración.

V₂: Volumen de la solución de Hg (NO₃)₂ consumido de la valoración del ensayo en blanco.

V₃: Volumen tomado de la muestra.

35,457 miniquivalente del ion Cl

N: concentración de nitrato mercurio (II)

2.4.2 Determinación del porcentaje de sólidos en los puntos

Fundamentos del método:

Este método se basa en la utilización de la masa de un volumen conocido de pulpa y la relación de este con la densidad y la temperatura. Una vez obtenidos estos valores se busca en la tabla el porcentaje de sólido o se calcula matemáticamente.

Método de cálculo:

Cálculo de la densidad:

La densidad de la pulpa se calcula por la siguiente fórmula:

$$\rho_{pulpa} = \frac{mp}{vp}$$

Donde:

ρ_p : densidad de la pulpa, en g/mL

mp: peso de la pulpa, en gramo

vp: volumen de la pulpa igual a 500mL

Cálculo del porcentaje de sólido

El porcentaje de sólido se determina por la fórmula siguiente:

$$\% \text{de sólido} = \frac{(\rho p - \rho l) \times Gs}{\rho p (Gs - \rho l)} \times 100$$

Donde

ρp =densidad de la pulpa determinada, en g/mL

ρl =densidad del agua a 28°C equivalente a 0.9962 g/mL

Gs =gravedad específica del mineral laterítico tomada con 2.58 g/mL

2.4.3 Determinación del porcentaje de arena

Este método se basa en determinar la fracción retenida en el tamiz de 100 mesh (0.150mm).

Cálculo del porcentaje de arena:

$$\% \text{de arena} = \frac{\text{peso de arena húmeda} \times 0.50}{\text{peso del sólido seco}} \times 100$$

Donde:

Peso de arena húmeda: se determinó en el anexo (4.3.3)

0.50: Factor de humedad para coral

Peso de sólido secos: (sólidos secos = peso de pulpa $\times$ % de sólido/100)

2.5 Equipos y utensilios que se utilizaron

Para determinación del cloruro.

➤ Reactivos y materiales:

Solución de ácido nítrico 0.4 mol/L

Solución de nitrato mercúrico 0.02 mol/L

Solución alcohólica de difenil carbazona 10g/L

Agua destilada.

➤ Aparatos y utensilios:

Pipetas de 25 mL

Bureta de 25 mL

Erlenmeyer de 250 mL

Pinzas con sargentos

Soporte universal.

Para determinación de porcentaje de sólido

Recipiente metálico de 800 mL de capacidad

Probeta graduada con capacidad de 500 mL

Balanza con precisión de ± 0.1 g

Para determinación de porcentaje de arena:

Tamiz de 0.150mm (100 mesh)

Balanza con precisión de ± 0.1 g

2.6 Metodologías empleadas

2.6.1 Determinación del cloruro.

Debe mantenerse un correcto orden de limpieza en las mesetas usadas para trabajar. Agitar las muestras antes de analizar. Se toman 20mL de la muestra y se le adiciona agua destilada hasta completar 50mL y se neutraliza con 2mL de solución de ácido nítrico. Se le añade 10 gotas de solución indicadora de difenil carbazona. Se valora con solución de nitrato mercúrico hasta la aparición de una coloración violeta intensa.

Ensayo en blanco.

Se toma 20mL de agua destilada libre de ion Cloruro, se le adiciona agua destilada hasta completar 50 mL y se neutraliza con 2mL de solución de ácido nítrico adicionándole la misma cantidad de reactivos sin añadir la porción de ensayo. Se le añade 10 gotas de solución indicadora de difenil carbazona. Se valora con solución de nitrato mercúrico hasta la aparición de una coloración violeta intensa.

2.6.2 Determinación del porcentaje de sólido

Se toma la muestra en un recipiente metálico de aproximadamente 800 mL y se transfieren 500 mL de pulpa, con agitación a una probeta previamente tarada. La agitación se realiza tomando una probeta en una mano y el recipiente en la otra, transfiriendo una y otra vez del recipiente a la probeta y viceversa para homogenizar esta.

Se pesa la probeta con la pulpa y se le resta la tara, obteniéndose el peso de la pulpa, en (g).

Se deja la pulpa, para la posterior determinación de la arena.

2.6.3 Determinación del porcentaje de arena:

Se toma la probeta reservada de la determinación de la densidad, se vierte su contenido poco a poco en un tamiz de 0.150mm, previamente tarado.

Se lava la pulpa con abundante agua hasta que el agua salga transparente.

Se escurre bien el tamiz frotándolo con un paño seco y se pesa el tamiz con su contenido.

Se le resta la tara del tamiz, obteniéndose el peso de la arena húmeda, en (g).

2.7 Métodos de investigación empleados

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron diferentes métodos tanto teóricos como empíricos, los cuales se relacionan a continuación:

Métodos teóricos:

Análisis y síntesis: se utiliza durante todo el proceso investigativo, para el estudio y procesamiento de la información contenida en las fuentes bibliográficas, para realizar el diagnóstico del sistema de muestreo de la planta de beneficio de ceno carbonato de la Empresa Moa Nickel S.A y llegar a conclusiones.

Histórico - lógico: para determinar las tendencias que se manifiestan en cuanto a lo referente en Cuba y en el mundo de los sistemas de muestreo, en patanas y en plantas similares a la de ceno carbonatado de la Empresa Moa Nickel S.A.

Inducción - deducción: para determinar las causas que provocan el problema científico y su posible solución.

Hipotético – deductivo: para enfocar el problema científico, la verificación de la hipótesis y el establecimiento de predicciones teóricas-prácticas.

Métodos prácticos:

Fotografía laboral: toma de muestra y clasificación granulométrica de la pulpa de ceno carbonatado en las diferentes áreas de la planta.

Experimental: método para valorar, los posibles puntos para la toma de muestras preliminarmente, la composición física y algunos parámetros tecnológicos como la densidad del sólido, los porcentos de sólidos y de arena y la factibilidad práctica del sistema de muestreo para su posterior utilización en la planta de neutralización de la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A.

2.8 Conclusiones parciales

Se propone el sistema de muestreo y se plantean los métodos para la implementación del mismo, las metodologías para la toma de muestras y los parámetros de cálculo, como porcentos de arena, sólido y concentraciones de iones cloruro.

CAPITULO 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El estudio de las propiedades físicas y químicas, del Cieno Carbonatado permitirá un análisis del material para un posible uso y aprovechamiento del mismo. A partir de este planteamiento el **objetivo** de este capítulo es: Determinar la caracterización del mismo, así como su comportamiento, para poder proponer un sistema de muestreo en la planta de preparación de pulpa de Coral en la empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA.

3.1 Resultados del muestreo en los diferentes puntos muestreados:

Se mostraran todos los resultados obtenidos en la presente investigación.

3.1.1 Punto 1. Descarga de la barcaza.

En los anexos 1 se muestran las tablas correspondientes a los 30 días muestreado en la descarga de la barcaza y su representación gráfica en los anexos 2, 3 y 4, correspondiente a las variaciones de sólido, arena y concentración de iones cloruro.

A continuación se muestra el análisis de los días con mejores resultados, se conforma la tabla 2 y las figuras 3,4 y 5.

Tabla 2 Resultados obtenidos en la descarga de la barcaza.

Días	% sólido	% arena	Cloruro (ppm)
2	39,01	15,18	3210
3	38,06	14,23	3074
4	29,88	17,59	3200
7	37,09	15,67	3400
8	33,69	19,12	2800
20	27,88	20,53	3000
26	30,31	17,52	4000
27	27,88	25,96	3564
28	28,55	17,97	3000
29	30,53	16,03	3650

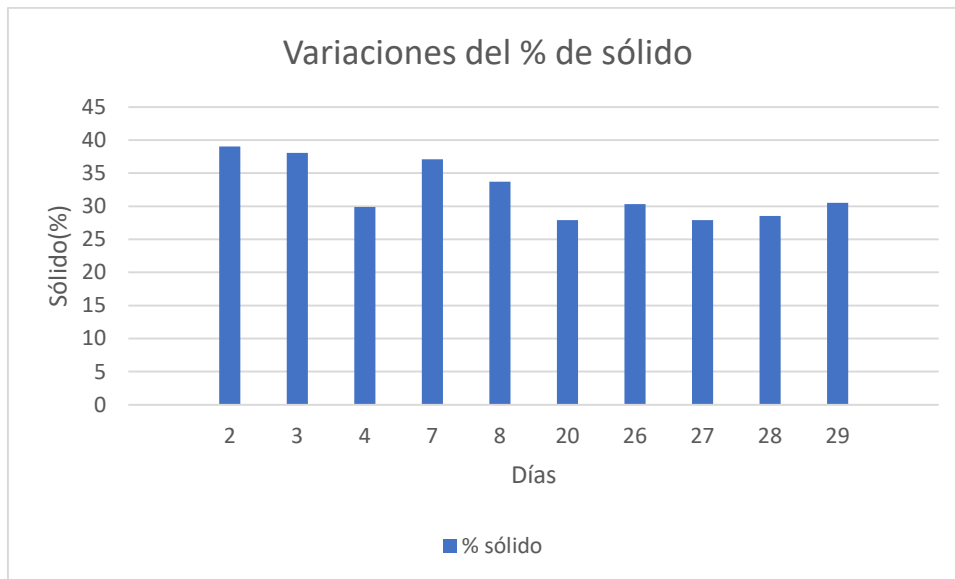


Figura 3 Variaciones de los resultados del porcentaje de sólido

Como se evidencia en el figura 3, podemos observar los valores máximos de sólido, donde encontramos que este es de 40 por ciento y el mínimo es de 27 por ciento respectivamente. Cumpliendo así los parámetros requeridos en la planta respecto al mismo.

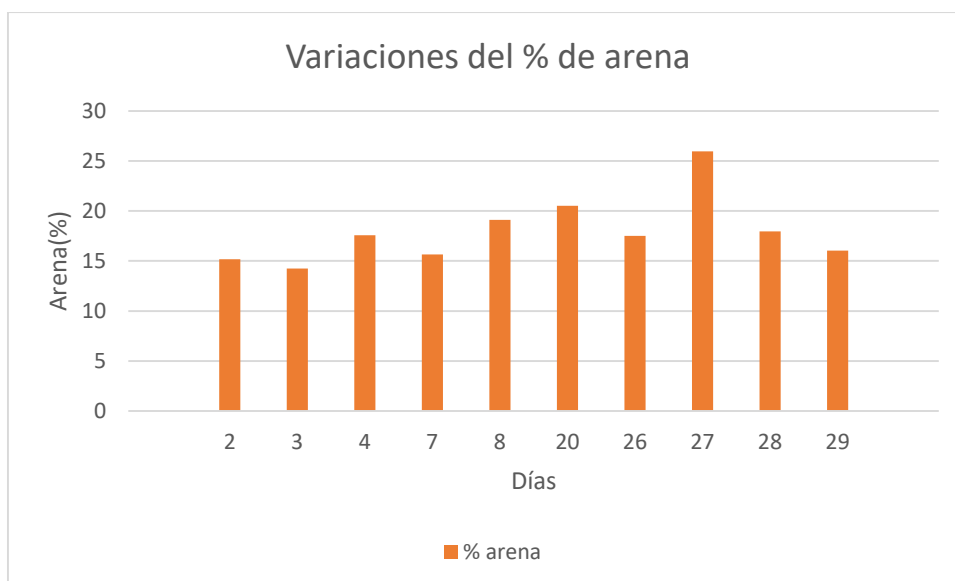


Figura 4 Variaciones de los resultados del porcentaje de arena

Al ver la figura 4 se observa el comportamiento de la arena durante el estudio realizado, donde se evidencia la variación de la misma, como caracterización del mineral que entra a la planta, siendo así el valor más alto 21 por ciento y el mínimo de 14 por ciento. Cumpliendo así con el plan de minería estimado.

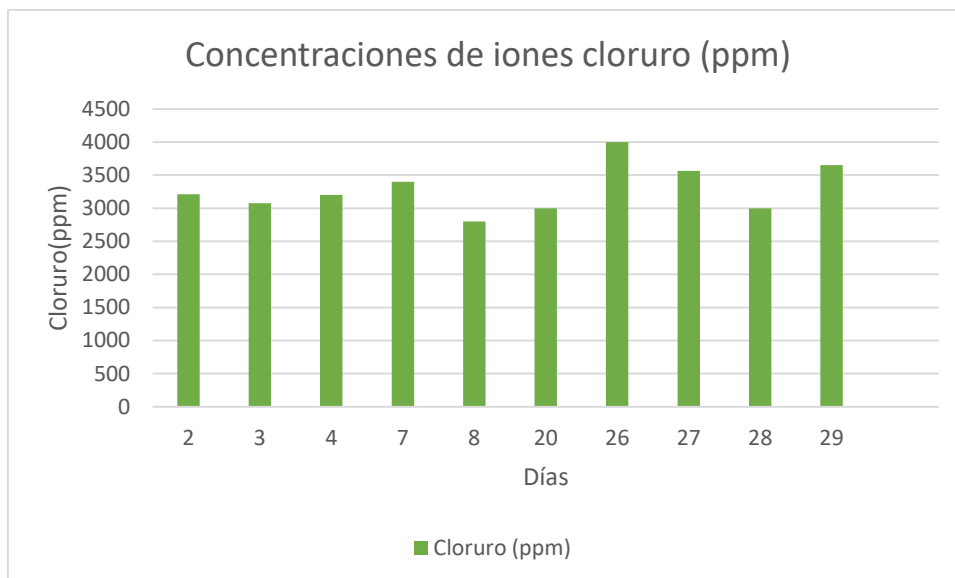


Figura 5 Variación de los resultados de la concentración de iones cloruro.

En la figura 5 se aprecia los valores alcanzados de concentraciones cloruro que contiene el mineral proveniente del fondo marino. Como caracterización del mismo.

3.1.2 Punto 2 Salida de la Torre

Los resultados obtenidos durante los 30 días muestreados, se evidencia en el anexo 5 y la representación gráfica en los anexos 6 y 7.

A continuación se muestran los mejores resultados obtenidos en la tabla 3 y las figuras 6 y 7.

Tabla 3 Resultados obtenidos de la salida de la torre.

Días	% sólido	% arena
2	33,07	13,93
3	27,66	16,69
4	38,06	12,17
7	36,70	13,77
8	29,66	18,80
20	27,88	16,56
26	30,31	15,08
28	34,91	13,10
29	32,65	14,13

30	27,21	16,75
----	-------	-------

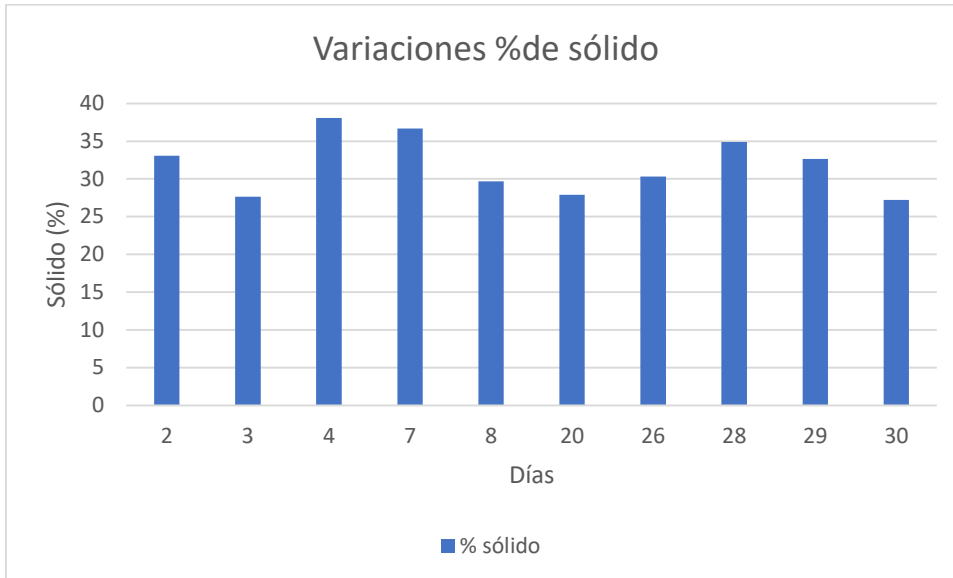


Figura 6 Variaciones de los resultados del % de solido

En la figura 6 se puede evidenciar los valores máximos y mínimos obtenidos siendo estos 38 y 26 porcientos respectivamente.

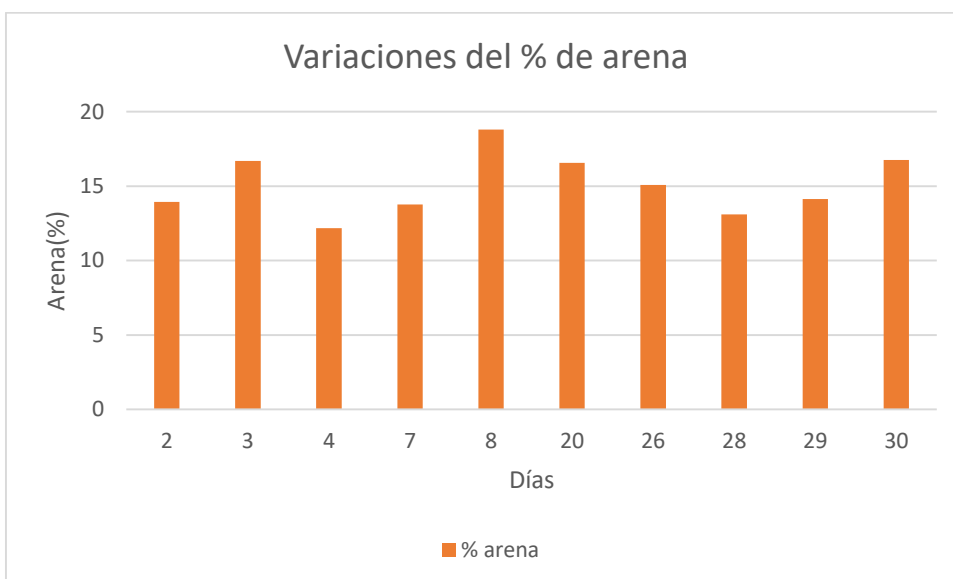


Figura 7 Variación de los resultados del % de arena

Se aprecia en la figura 7, la variación de los porcentos de arena y su comportamiento en los días estimados, obteniendo valores máximos y mínimos de la misma de 18 y 12 por ciento aproximadamente.

3.1.3 Punto 3 Descarga del hidrociclón 2 o entrada al molino y Punto 4 Salida del molino

Los resultados de los 30 días muestreados, en tablas se encuentran en los anexos 8 y 11, y las representaciones gráficas en los anexos 9, 10, 12 y 13 A continuación se muestran en la tabla 4 los mejores resultados obtenidos a la entrada y a la salida del molino y en las figuras 8 y 9 las variaciones del mismo.

Tabla 4 Resultados de arena y sólido de la entrada y salida del molino

Entrada al molino			Salida del molino		
Días	% sólido	% arena	Días	% sólido	% arena
13	38,83	38,99	13	38,6	20,21
14	36,70	39,41	14	37,48	22,68
18	48,29	40,22	18	46,98	19,01
19	49,09	43,71	19	48,61	18,83
24	52,05	33,60	24	52,95	12,8
25	53,69	45,12	25	52,2	19,6
26	50,51	39,76	26	46,98	19,777
27	46,81	30,25	27	42,57	16,54
28	46,98	42,27	28	45,98	18,8
29	51,74	38,26	29	47,31	18,37

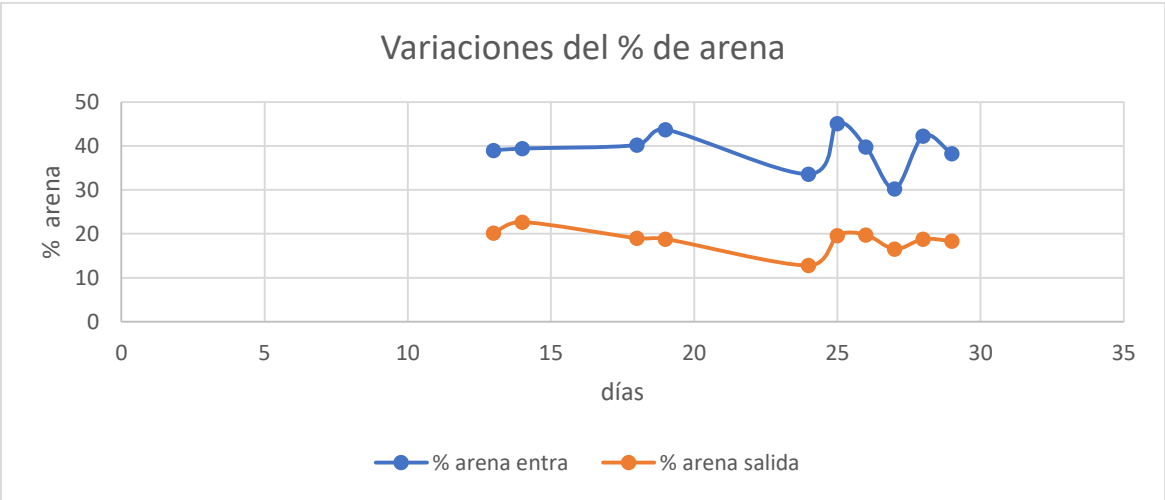


Figura 8 Variación de los resultados de los porcentos de arena a la entrada y la salida del molino.

En la figura 8 se observan las variaciones obtenidas de porcentaje de arena en la entrada y salida del molino, con un máximo de 45 y mínimo de 12 por ciento, evidenciando la eficiencia del mismo.

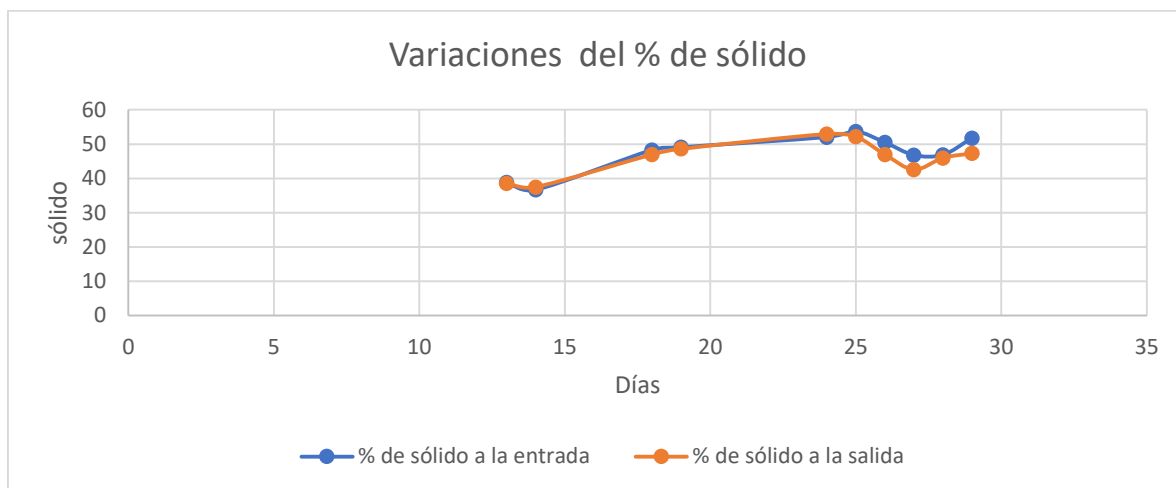


Figura 9 Variación de los resultados de los porcentos de sólido a la entrada y la salida del molino.

Se representó la variación del sólido en los días estimados, quedando como resultado que no existen prácticamente variación a la entrada y salida del molino, cumpliendo así con los parámetros de la planta.

3.1.4 Punto 5 Descarga del Hidrociclón 1.

Los resultados de los 30 días muestreados se encuentran en el anexo 14 y las representaciones gráficas en los anexos 15 y 16.

Se muestran los mejores resultados muestreados en la descarga del hidrociclón 1, que conforman la tabla 5 y las figuras 10 y 11.

Tabla 5 Resultados de los porcentos de sólido y arena en la descarga del hidrociclón 1

Días	% sólido	% arena
13	38,06	40,42
14	30,53	56,65
18	50,20	21,30
19	48,61	23,18
24	50,20	17,29
25	52,20	18,56
26	47,31	17,93

27	43,57	15,19
28	49,29	21,94
29	46,98	20,37

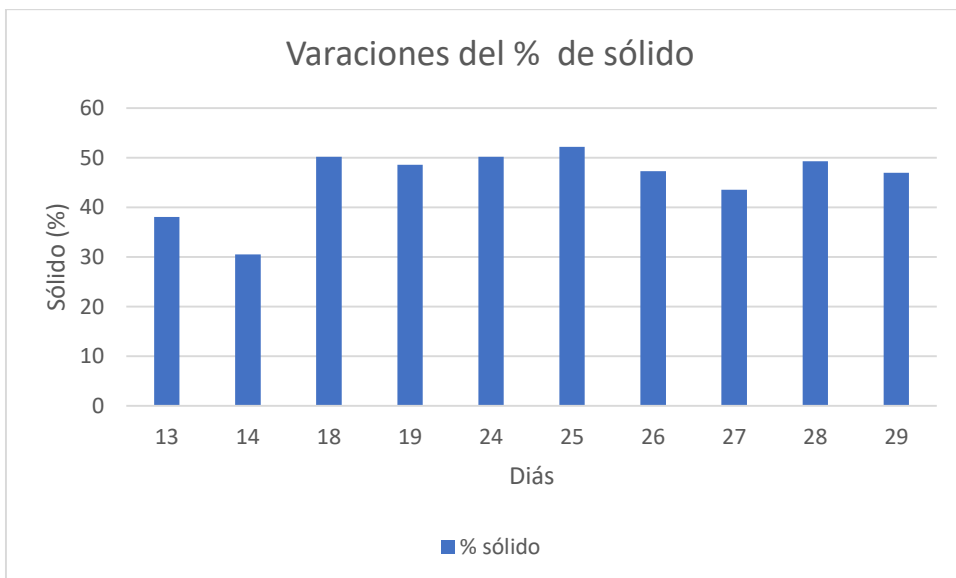


Figura 10 Variaciones de los resultados de los porcentos de sólidos.

En la figura 10, se observan las variaciones de los porcentos de sólidos durante los mejores días, obteniendo el resultado máximo igual al 50 porcentos y los inferiores de 30 respectivamente. Cumpliendo así con los valores esperados.

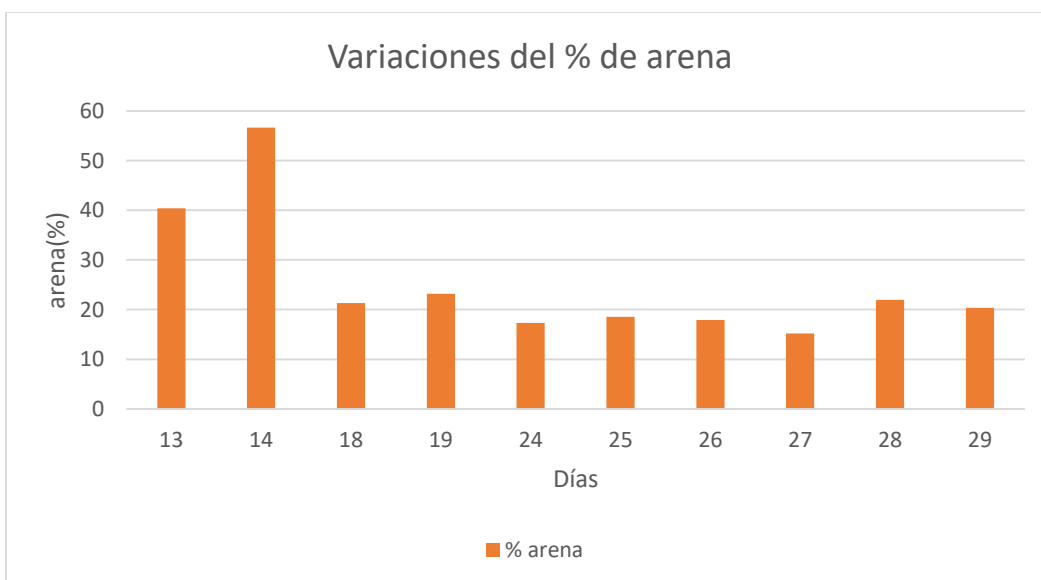


Figura 11 Variaciones de los resultados de los porcentos de arena

Se pueden apreciar en la figura 11, los valores de la salida de los porcientos de arena, dando valores respectivamente buenos, los cuales contribuyen a la eficiencia del molino y por esto a los resultados de la planta.

3.1.5 Punto 6 y 7 Salidas de los hidrociclones 1 y 2 respectivamente.

Los resultados obtenidos en el periodo de 30 días, se pueden encontrar en los anexos 16 y 19, y las representaciones gráficas en los anexos, 17, 18, 20 y 21. Se muestran los mejores resultados obtenidos, que conforman la tabla 6 y sus representaciones gráficas en las figuras 12 y 13.

Tabla 6 Resultados de los porcientos de sólido y arena de las salidas de los hidrociclones 1y 2

Salida del hidrociclón 1			Salida del hidrociclón 2		
Días	% sólido	% arena	Días	% sólido	% arena
13	43,57	13,50	13	34,71	9,10
14	36,70	16,31	14	32,86	10,38
18	22,27	15,96	18	28,33	9,37
19	27,21	12,29	19	24,44	8,10
24	43,22	6,83	24	38,83	5,79
25	29,66	9,69	25	39,77	5,91
26	24,66	11,5	26	36,70	6,97
27	21,29	8,20	27	37,09	8,36
28	19,03	10,72	28	36,31	8,46
29	15,36	11,84	29	43,74	4,36

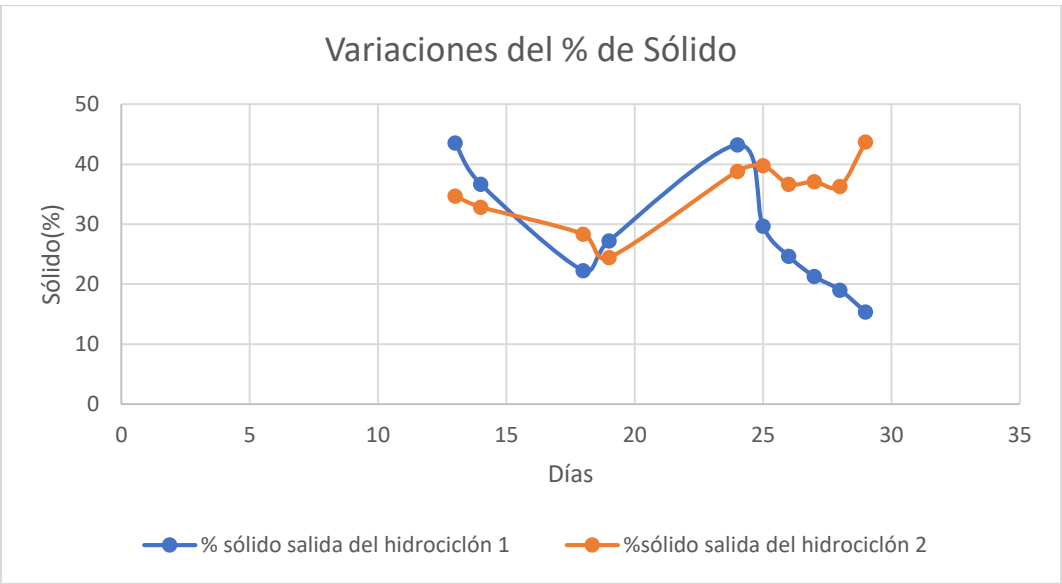


Figura 12 Variaciones de los resultados de los porcientos de sólido

Se muestra en la figura 12, los resultados, en cuanto al sólido, donde se aprecian que los valores oscilan entre 15 y 45 por ciento, en dependencia de la capacidad de ambos. Cumpliendo con los parámetros de la planta establecidos.

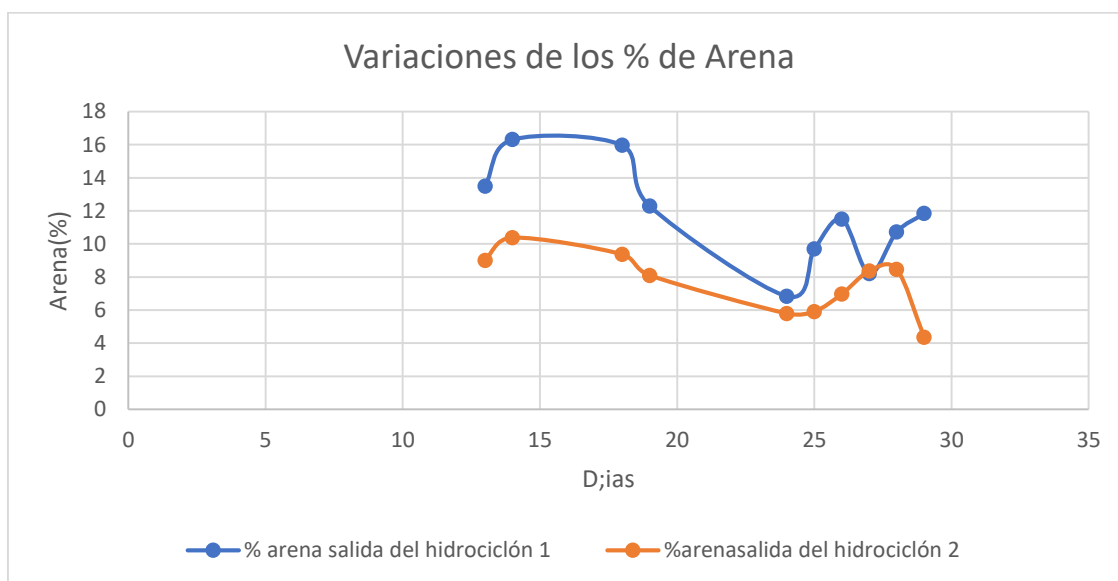


Figura 13 Variaciones de los resultados de los por ciento de área.

En la figura 13, podemos apreciar las salidas de los hidrociclones, así como sus variaciones, donde se reflejan que los porcentos de arena se mantienen en el rango adecuado entre un 4 y 16 por ciento, los cuales constituyen el producto final y demuestra la eficiencia del proceso.

3.1.6 Punto 8 Producto final de la planta.

Los resultados obtenidos del muestreo de los 30 días, se pueden observar en el anexo 22, y las representaciones gráficas en los anexos 23,24 y 25.

A continuación se muestran los mejores resultados obtenidos en la presente investigación.

Tabla 7 Resultados del producto final

Días	% sólido	% arena	Cloruro (ppm)
13	23,71	11,57	2800
14	22,99	13,12	2700
18	20,79	12,64	1800
19	25,37	10,69	1985
24	35,91	6,54	2002

25	36,11	7,79	2475
26	41,24	9,27	3000
27	36,51	8,32	2564
28	43,39	9,50	2800
29	43,57	8,10	2650

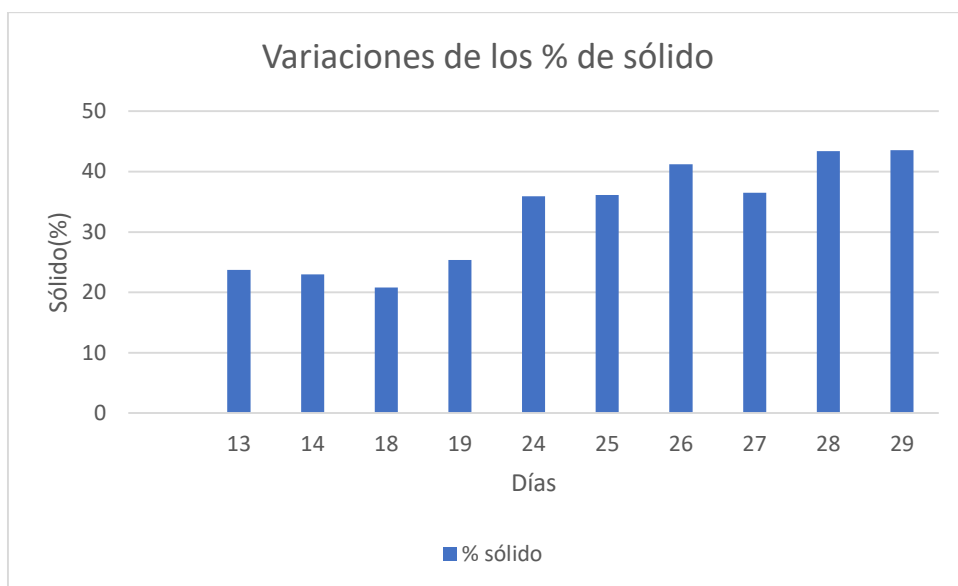


Figura 14 Variaciones de los resultados del porcentaje del sólido

Se muestran en la figura 14, los resultados del producto final, los cuales presentan valores satisfactorios, que cumplen con los objetivos de la planta, o sea lograr un sólido entre 35 y 45 por ciento aproximadamente.

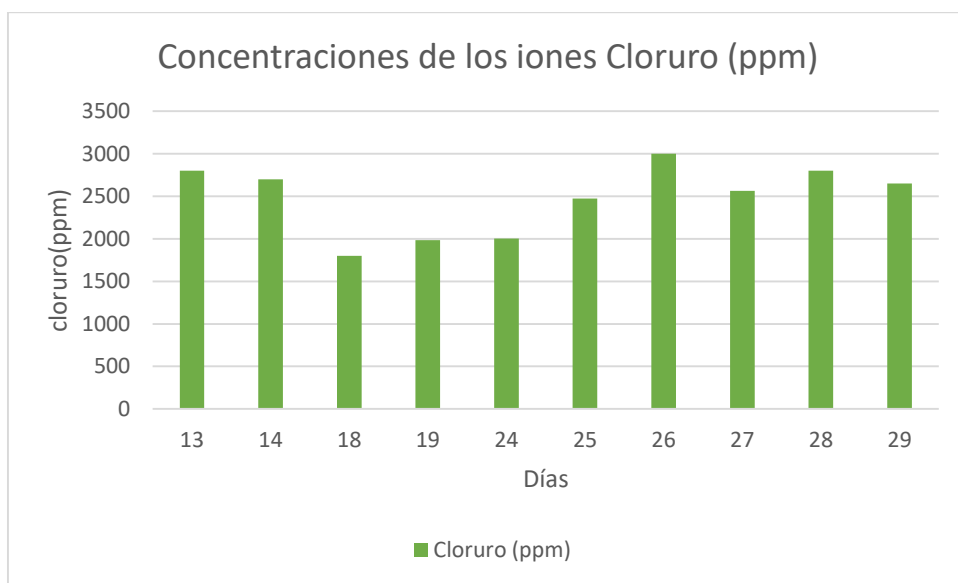


Figura 15 Variaciones de los resultados de los concentrados de iones del cloruro.

En la figura 15, se evidencian las variaciones de las concentraciones de iones cloruro del mineral muestreado en el producto final.

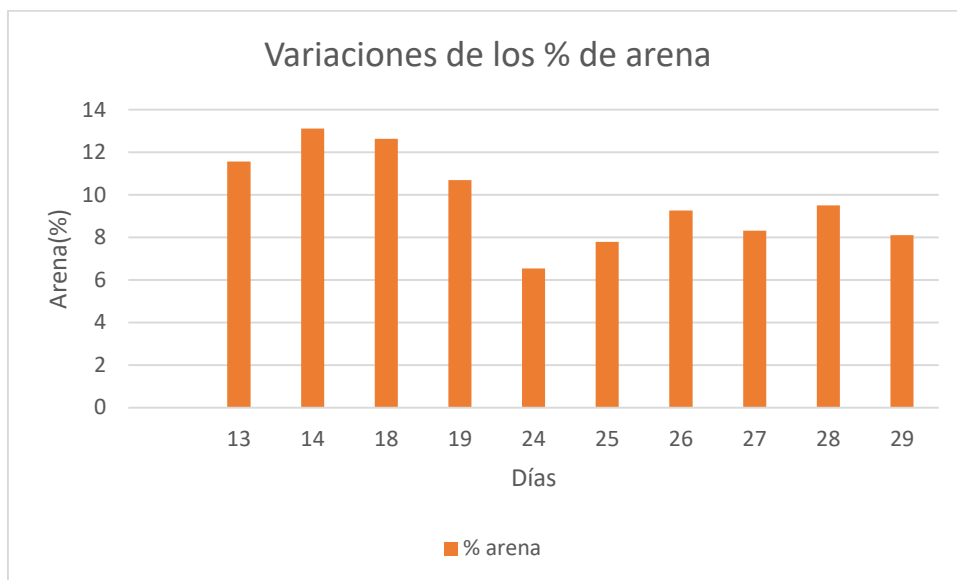


Figura 16 Variaciones de los resultados de los porcentos de arena.

En la figura 16, se pueden observar los resultados para la salida de la arena en la planta, los mismos cumplen con los parámetros requeridos en la misma, estos deben estar por debajo de 20%. Al evaluar los resultados, con el material alimentado podemos ver y comprobar que tiene una eficiencia óptima, tal como se muestra en la figura 17.

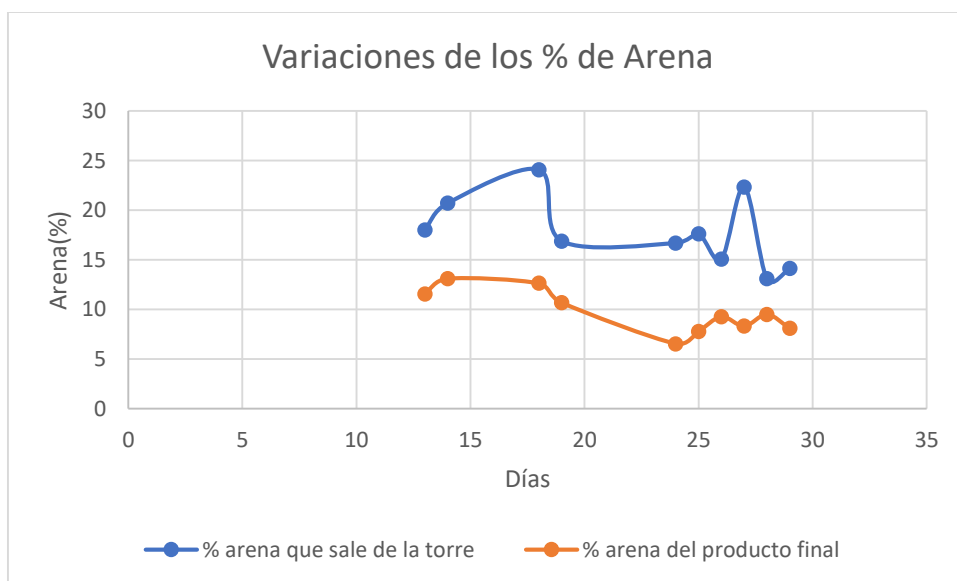


Figura 17 Variaciones de los resultados de la entrada y salida de los porcentos de arena a la planta

3.2 Impacto medio ambiental

Producto de la acumulación de rechazo de cieno carbonatado en áreas aledañas a la planta de coral, se han generado una serie de problemas medio ambientales. Por ejemplo el material de rechazo contiene ciertos elementos que afectan el suelo donde es depositado, lo que provoca la extinción de la vegetación que crece en esta área. Esto trae como consecuencia que los animales que viven en esta zona tengan que emigrar a otro lugar y otros mueren. Debido a la gran cantidad de rechazo de cieno carbonatado existente en estos momentos se hace imprescindible la utilización de nuevos depósitos lo que provocaría un daño aun mayor a la flora y la fauna.

Se ha reportado un alto nivel de salinización de los suelos aledaños a las áreas de depósito de dicho material

También el minado de cieno carbonatado en la bahía de Moa trae como consecuencia un aumento de los niveles de emisión de gases a la atmósfera a partir de los gases de escape de los motores de la draga y el remolcador.

El dragado del cieno carbonatado provoca cambios en la morfología del fondo marino, esto trae aparejado un agotamiento del mineral útil extraíble del yacimiento debido a su explotación.

Por lo antes mencionado se debe buscar alternativa para sustituir a dicho mineral

3.3 Conclusiones parciales del capítulo

Se analizaron los principales resultados de la investigación, que permitieron hacer una propuesta del sistema de muestreo, se comprobaron los principales parámetros tecnológicos en la planta de cieno carbonatado de la empresa Comandante Pedro Sotto Moa Nickel S.A, en cuanto a los porcentos de sólido, arena y concentraciones de iones cloruro, considerando las capacidades actuales de la planta y las características del cieno carbonatado, que llevaron a una mejora en la eficiencia de la misma.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Se determinaron los puntos y se estableció el sistema de muestreo en la planta de cieno carbonatado.
2. Se establecieron los procedimientos para el sistema de muestreo, que permitió determinar los parámetros tecnológicos en la planta de cieno carbonatado.
3. Se realizó el estudio y se comprobaron los rangos operacionales para los parámetros tecnológicos según las normas internacionales en la pulpa de cieno carbonatado.

RECOMENDACIONES

1. Dar continuidad al trabajo, profundizar los aspectos del estudio para la implementación del sistema de muestreo en la planta de preparación del cieno carbonatado.
2. Evitar vertimiento en la torre de beneficio, para poder garantizar la eficiencia del proceso.
3. Controlar el tiempo de descarga de la jaiba a la torre de beneficio, para evitar los derrames y lograr una operación eficiente de los equipos.
4. Una mayor capacitación a los operadores de la planta, acerca de los parámetros que influyen en el proceso.
5. La realización de un estudio económico para llevar a cabo la implementación del sistema de muestreo.

BIBLIOGRAFÍA

- Breff, A. (2014). *Propuesta tecnológica para lograr el máximo aprovechamiento de los cienos carbonatados en la empresa Pedro Sotto Alba*. Tesis de Maestría.
- Caballero, Y. (2008). *Caracterización de las pulpas de cienos carbonatados para su perfeccionamiento en el hidrotransporte*. Trabajo de Diploma.
- Campos, G. (2001). *Nuevos datos acerca de la naturaleza y génesis de los sedimentos del yacimiento de cienos carbonatados en la bahía de Cayo Moa grande*. Holguín.
- Carlson, E., & Simons, C. (1961). *Pressure leaching of nickelferous laterites with sulphuric acid. Extractive Metallurgy of nickel and cobalt*. New York: P Queneau.
- Castillo, D. (1988). *Informe sobre problemas de extracción utilización de la materia prima de cienos carbonatados*.
- Correa, F. (1957). *Estudio sobre extracciones experimentales de fangos carbonatados al oeste de Cayo Moa Grande*.
- Hellsten, L. (1961). The cause nickel laterite deposit. *Australian Nickel Conference*. Australian.
- Hernandez, L. (2003). *Cálculo verificativo y propuesta de modificación para la ampliación de la instalación de bombeo de cieno carbonatado*. Trabajo de Diploma, Moa.
- Jimenez, D. (2005). *Cálculo verificativo y propuesta de modificación de la instalación de bombeo de cienos carbonatado desde el puerto hasta la planta de neutralización de la Empresa Pedro Sotto Alba*.
- León, M.G. (2023). *Evaluación del material carbonatado del prospecto yaguaneque para la formulación de la adicción mineral LC2*. Metalurgia y Química.
- Martinez, R. (2009). *Caracterización de las propiedades físico mecánicas del cieno carbonatado para el perfeccionamiento de su hidrotransporte por tuberías*. Tesis de maestría.

- Martínez, R., & Hernández, G. (2015). Caracterización reológica de las pulpas de cieno carbonatado. *Minería y Geología*, 70-83. <http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/126>
- Moa Nickel S.A, Pedro Sotto Alba. (2011). *Pulpa de Coral. Muestreo*. Planta de espesadores de coral, Moa.
- Mulet.M. (2023). *Propuesta sistema de automatización para el circuito de aprovechamiento de rechazo en la planta de cienos carbonatados*.
- Nápoles, E. (1992). *Informe exploración orientativa de cienos carbonatados al Sur de Cayo Moa grande*.
- Peña Betancourt, F. L. (2014). *Parámetros tecnológicos de la planta de preparación mineral de cieno carbonatado* . Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Ramírez, Y. (2012). *Disminución del contenido de arena de la pulpa de cieno carbonatado mediante la técnica de hidrociclones*. Tesis de diploma.
- Romero.G.Y. (2023). *Determinación de parámetros operacionales de transporte de cienos carbonatados con comportamiento pseudoplásticos*.
- Suarez, J. (2010). *Cinética de la molienda de rechazo del cieno carbonatado en la Empresa Pedro Sotto Alba*. Trabajo de diploma.
- Tamayo, J. (2010). *Determinación de Bmd para cieno carbonatado de Cayo Moa*. Trabajo de diploma.
- Zevgolís, E. N., & Daskalakis, K. A. (2021). The Nickel Production Methods from Laterites and the Greek Ferronickel Production among Them. *Material Proceedings* .

ANEXOS

ANEXO1

Tabla 8 Resultados del muestreo en la barcaza en los 30 días muestreados

Días	Peso de la Pulpa	Sólido (%)	Peso de la arena	Arena (%)	Cloruro (ppm)	Densidad
1	623	32,65	75	18,44	3000	1,246
2	655	39,01	77,57	15,18	3210	1,31
3	600	27,66	75,4	22,72	3074	1,2
4	650	38,06	70,04	14,23	14,23	1,3
5	630	29,88	75,57	17,59	3200	1,26
6	602	28,11	73,6	21,75	3500	1,204
7	645	37,09	75	15,67	3400	1,29
8	609	29,66	77,9	21,57	3006	1,218
9	598	27,21	80	24,59	3001	1,196
10	593	26,06	69	22,32	3600	1,186
11	603	28,33	75	21,95	3460	1,206
12	614	30,74	75,9	20,11	3300	1,228
13	628	33,69	80,9	19,12	2800	1,256
14	600	27,66	75	22,60	3700	1,2
15	599	27,21	77	23,46	4050	1,986
16	608	29,44	80	22,35	2998	1,216
17	600	27,66	81,4	24,53	2760	1,2
18	595	26,52	83	26,30	2800	1,19
19	597	26,98	74	22,097	2985	1,194
20	611	27,88	75,5	20,53	3000	1,222
21	589	25,13	73,7	24,89	3000	1,178
22	605	28,78	77	22,11	3400	1,21
23	601	27,88	82	24,47	2890	1,202
24	600	27,66	75,4	22,72	3002	1,2
25	614	30,74	77,4	20,50	3475	1,228
26	612	30,31	65	17,52	4000	1,224
27	601	27,88	87	25,96	3564	1,202

28	604	28,55	62	17,97	3000	1,208
29	613	30,53	60	16,03	3650	1,226
30	598	27,21	60	18,44	2890	1,196

ANEXO 2

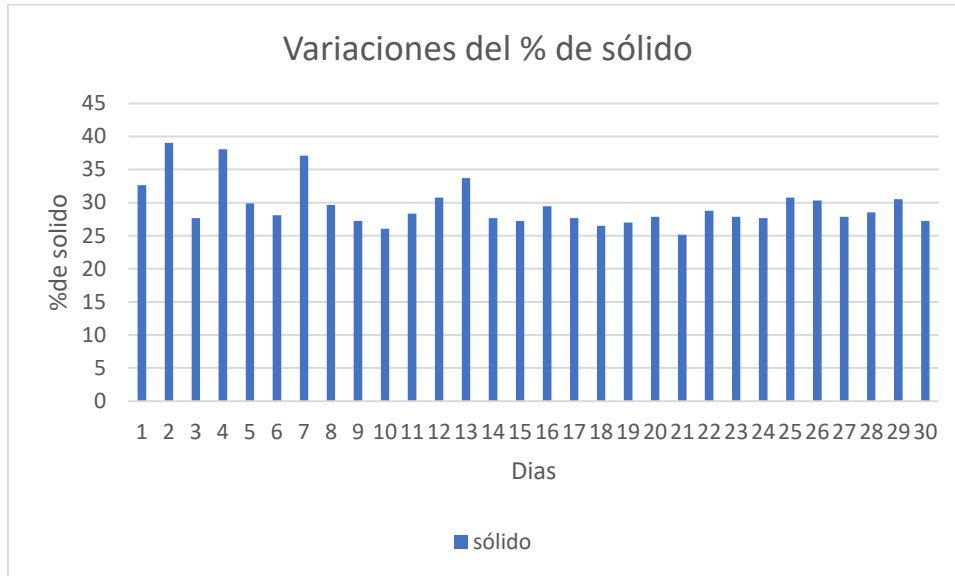


Figura 18 Variación de los resultados porciento de sólido en 30 días muestreados

ANEXO 3

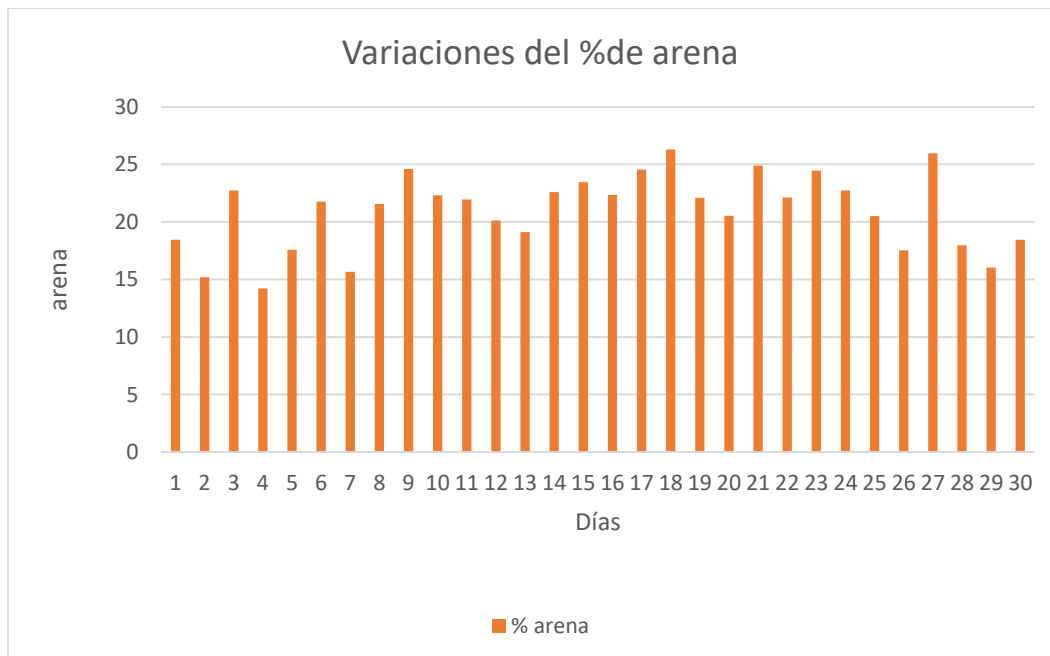


Figura 19 Variación de los resultados del porciento de arena en los 30 días muestreados

ANEXO 4

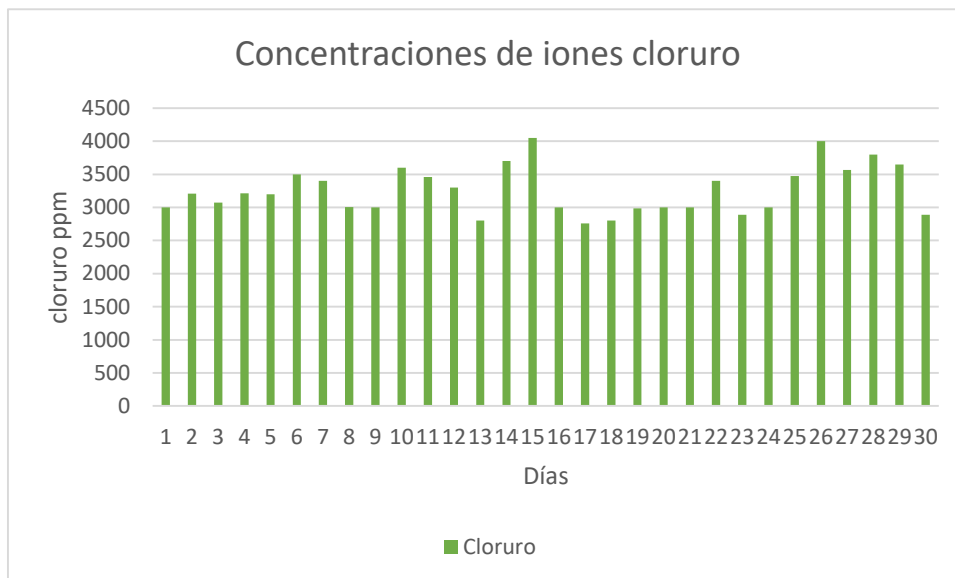


Figura 20 Variación de los resultados de las concentraciones de iones cloruro en los 30 días muestreados

ANEXO 5

Tabla 9 Resultados del muestreo en la salida de la torre en los 30 días muestreados

Días	Peso de la Pulpa	% solido	Peso de la arena	% arena	Densidad
1	623	32,65	57,5	14,13	1,246
2	625	33,07	57,57	13,93	1,25
3	600	27,66	55,4	16,69	1,2
4	650	38,06	60,2	12,17	1,3
5	610	29,88	55,57	15,25	1,22
6	652	38,44	63,6	12,69	1,306
7	643	36,70	65	13,77	1,286
8	609	29,66	67,9	18,80	1,218
9	610	29,88	70	19,21	1,22
10	623	32,65	72,8	17,89	1,246
11	633	34,31	74,88	17,04	1,266
12	640	36,11	75,9	16,42	1,28
13	620	32,02	71,5	18,01	1,24
14	600	27,66	69	20,70	1,2
15	598	27,21	74,5	22,90	1,196
16	590	25,37	60	20,05	1,18

17	600	27,66	75,4	22,60	1,2
18	595	26,52	76	24,08	1,19
19	597	26,98	54,4	16,89	1,194
20	601	27,88	55,5	16,56	1,202
21	589	25,13	53,7	18,14	1,178
22	575	21,78	52	20,76	1,15
23	601	27,88	75,5	22,53	1,202
24	600	27,66	55,4	16,69	1,2
25	634	34,91	78	17,62	1,268
26	612	30,31	56	15,08	1,224
27	604	28,55	77	22,32	1,208
28	634	34,91	58	13,10	1,268
29	623	32,65	57,5	14,13	1,246
30	598	27,21	54,5	16,75	1,196

ANEXO 6

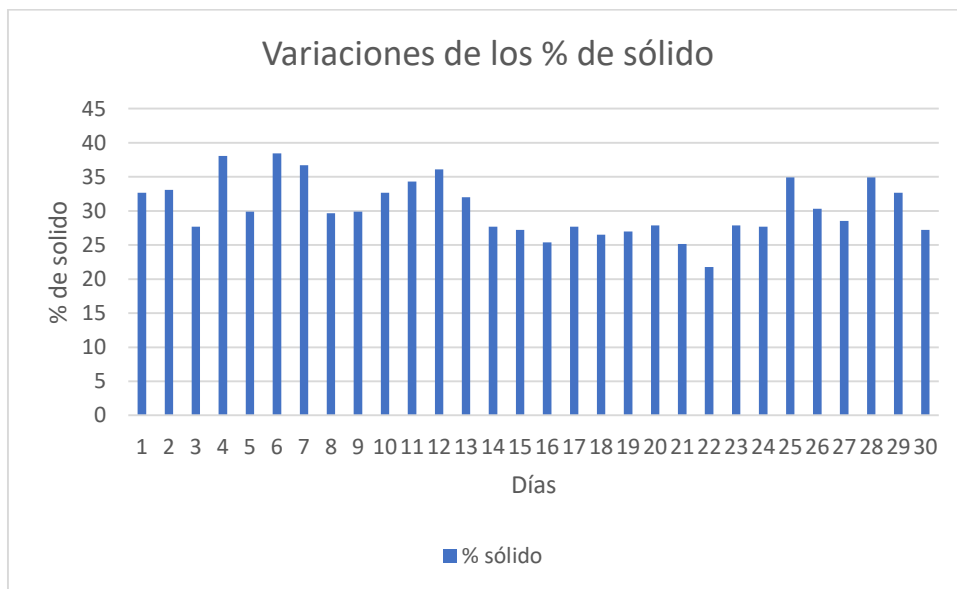


Figura 21 Variación de los resultados del porcentaje de sólido en los 30 días muestreados

ANEXO 7

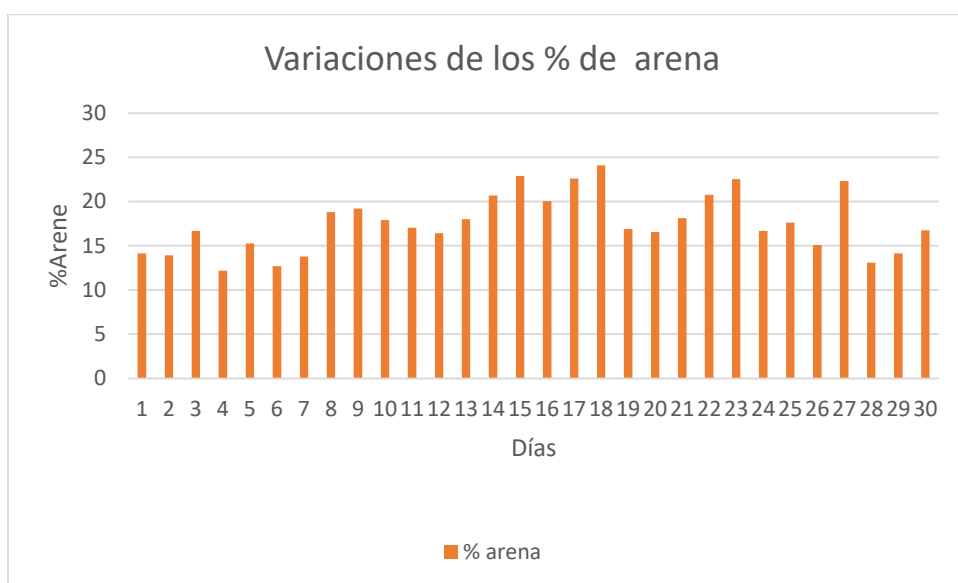


Figura 22 Variación de los resultados del porcentaje de arena en los 30 días muestreados

ANEXO 8

Tabla 10 Resultados de la entrada del molino en los 30 días muestreados

Días	Peso de la Pulpa	% sólido	Peso de la arena	% arena	Densidad
1	719	50,04	333	46,27	1,438
2	732	52,05	342	44,88	1,464
3	742	53,54	321	40,40	1,484
4	712	48,93	372	53,39	1,424
5	700	46,98	300	45,61	1,4
6	704	47,64	345	51,44	1,408
7	711	48,77	325	46,84	1,422
8	709	48,45	310	45,12	1,418
9	699	46,81	283	42,24	1,398
10	650	38,06	294	59,42	1,3
11	675	42,69	270	46,85	1,35
12	672	42,15	240	42,37	1,344
13	654	38,83	198	38,99	1,308
14	643	36,70	186	39,41	1,286
15	601	27,88	198	59,08	1,202

16	643	36,70	300	63,57	1,286
17	602	28,11	198	58,51	1,204
18	709	48,29	275	40,22	1,416
19	713	49,09	306	43,71	1,426
20	732	52,05	345	45,28	1,464
21	752	55	375	45,34	1,504
22	732	52,05	356	46,72	1,464
23	704	47,64	321	47,86	1,408
24	732	52,05	256	33,60	1,464
25	743	53,69	360	45,12	1,486
26	722	50,51	290	39,76	1,444
27	699	46,81	198	30,25	1,398
28	700	46,98	278	42,27	1,4
29	730	51,74	289	38,26	1,46
30	721	50,36	297	40,90	1,442

ANEXO 9

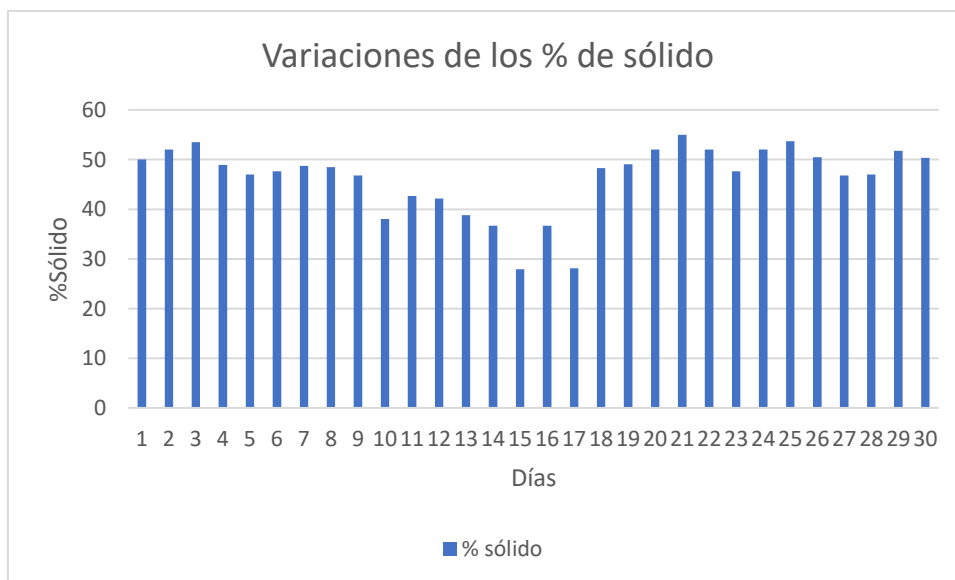


Figura 23 Variación de los resultados del porcentaje de sólido en los 30 días muestreados

ANEXO 10

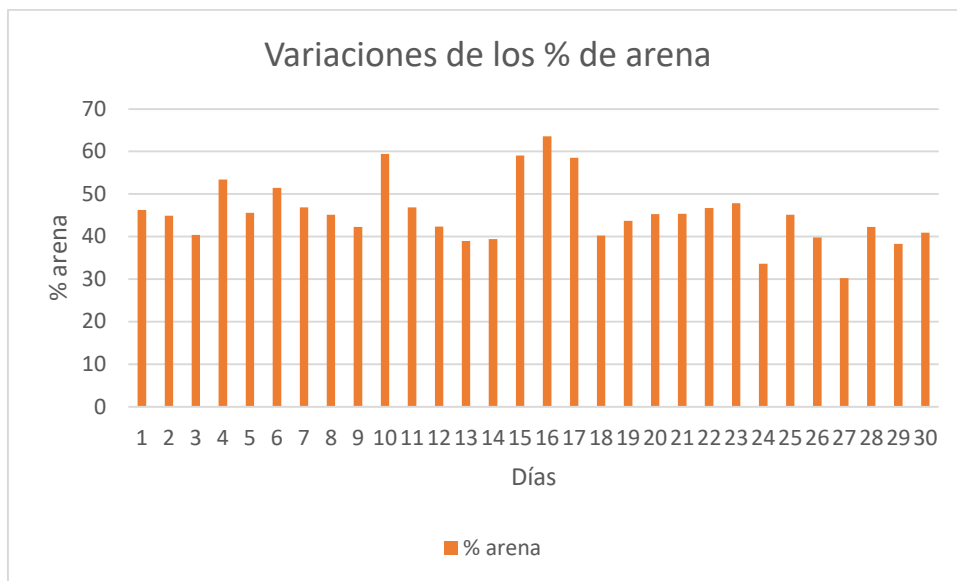


Figura 24 Variación de los resultados del porcentaje de arena en los 30 días muestreados

ANEXO 11

Tabla 11 Resultados de la salida del molino en los 30 días muestreados

Días	Peso de la Pulpa	% solido	Peso de la arena	% arena	Densidad
1	700	46,98	200	30,41	1,4
2	714	48,25	230	44,88	1,464
3	720	53,54	235	40,40	1,484
4	712	50,20	372	32,51	1,44
5	700	46,98	220	33,45	1,4
6	720	50,20	360	49,80	1,44
7	725	50,9	320	43,39	1,45
8	730	51,74	330	43,66	1,46
9	708	49,29	283	41,39	1416
10	715	48,29	380	53,78	1,43
11	720	50,20	300	41,50	1,44
12	680	43,57	198	33,42	1,36
13	650	38,60	100	20,21	1,3
14	647	37,48	110	22,68	1,294
15	620	32,02	120	30,22	1,24
16	633	34,71	140	31,86	1,266

17	612	30,31	127	34,23	1,224
18	700	46,98	125	19,01	1,4
19	710	48,61	130	18,83	1,42
20	727	51,28	160	21,46	1,454
21	712	48,93	157	22,53	1,424
22	703	47,47	150	22,47	1,406
23	714	49,25	165	23,46	1,428
24	738	52,95	100	12,80	1,476
25	733	52,20	150	19,60	1,466
26	700	46,98	130	19,777	1,4
27	680	42,57	98	16,54	1,36
28	694	45,98	120	18,80	1,388
29	702	47,31	122	18,37	1,404
30	690	45,30	125	20	1,38

ANEXO12

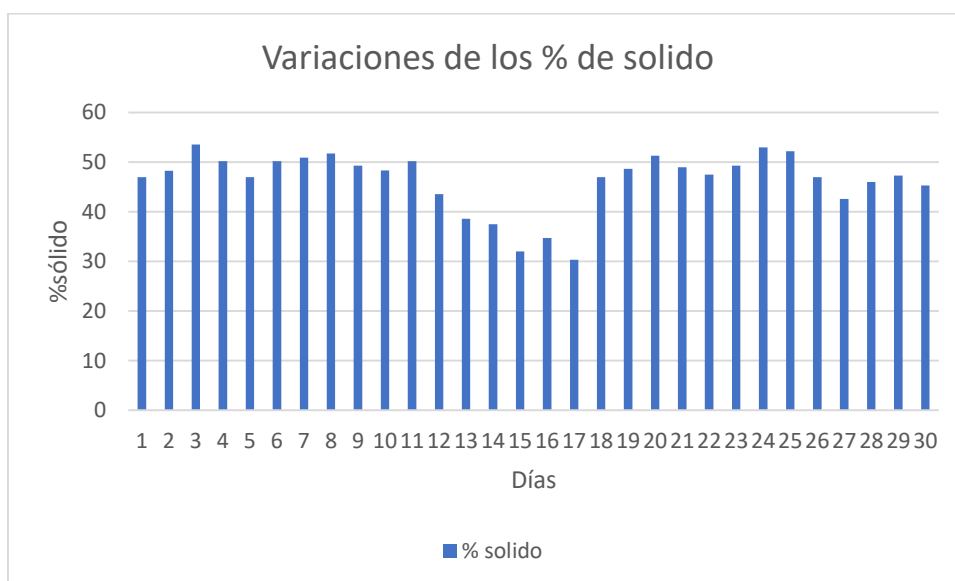


Figura 25 Variación de los resultados del porcentaje de sólido en la salida del molino en los 30 días muestreados

ANEXO 13

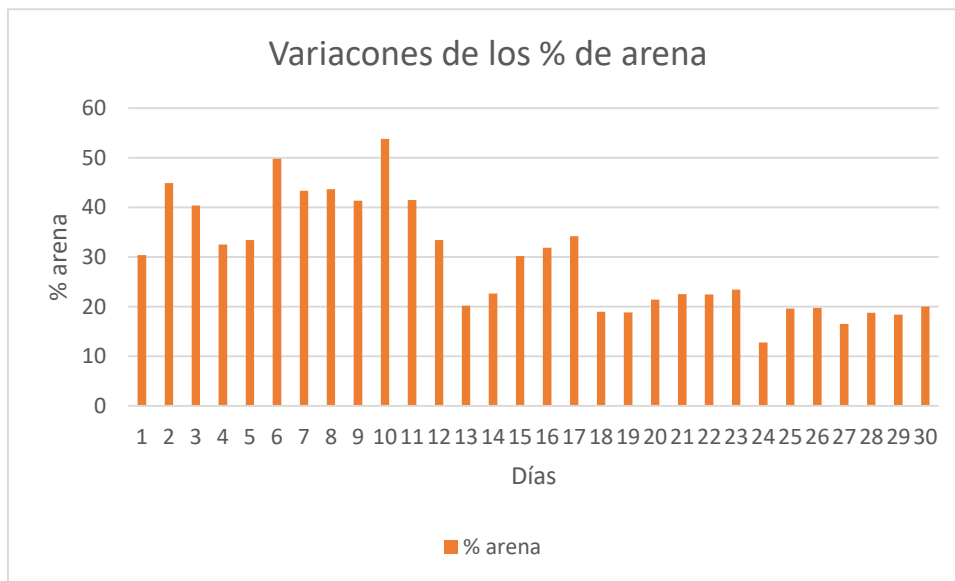


Figura 26 Variación de los resultados del porcentaje de arena en la salida del molino los 30 días muestreados

ANEXO 14

Tabla 12 Resultados recirculación o la descarga del hidrociclón 1 en los 30 días muestreados

Días	Peso de la Pulpa	% sólido	Peso de la arena	% arena	Densidad
1	729	51,59	340	45,20	1,458
2	740	53,25	345	43,78	1,48
3	755	55,42	330	39,43	1,51
4	739	50,10	380	48,42	1,478
5	712	48,93	320	45,92	1,424
6	722	50,51	350	47,99	1,444
7	727	51,28	360	48,28	1,454
8	719	50,04	355	49,33	1,438
9	690	45,30	320	51,19	1,38
10	657	39,39	332	64,14	1,314
11	670	42,79	275	49,11	1,34
12	662	40,32	250	46,83	1,324
13	650	38,06	200	40,42	1,3

14	613	30,53	212	56,65	1,26
15	632	34,51	290	66,49	1,264
16	640	36,11	250	54,09	1,28
17	600	27,66	150	45,19	1,2
18	720	50,20	154	21,30	1,44
19	710	48,61	160	23,18	1,42
20	722	50,51	157	21,52	1,444
21	732	52,05	163	21,39	1,464
22	724	50,82	170	23,10	1,464
23	714	49,25	154	21,90	1,428
24	720	50,20	125	17,29	1,44
25	733	52,20	142	18,56	1,466
26	702	47,31	119	17,93	1,404
27	680	43,57	120	15,19	1,36
28	708	49,29	150	21,94	1,416
29	700	46,98	134	20,37	1,4
30	720	50,20	155	21,44	1,44

ANEXO 15

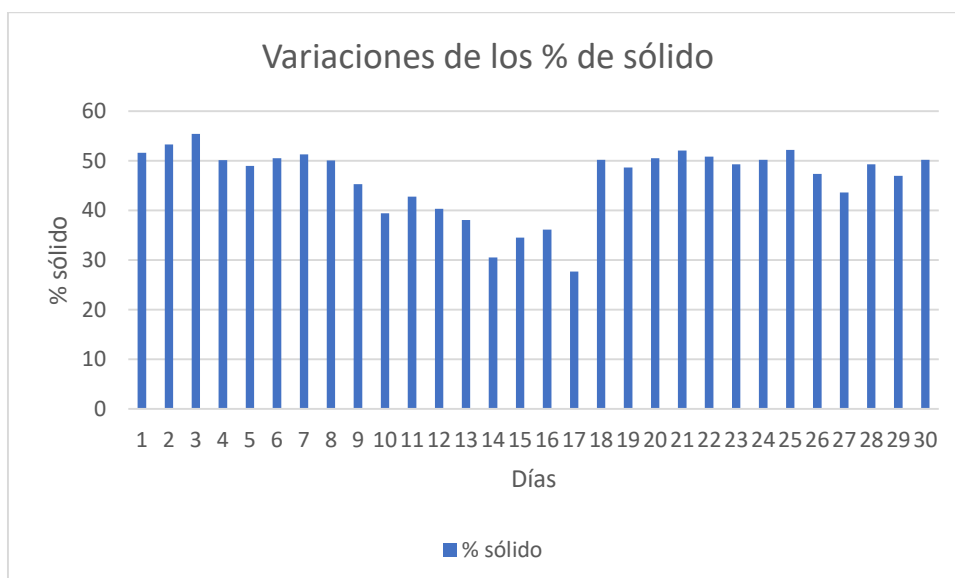


Figura 27 Variación de los resultados del porcentaje de sólido de la recirculación o la descarga del hidrociclón 1 en los 30 días muestreados

ANEXO 15

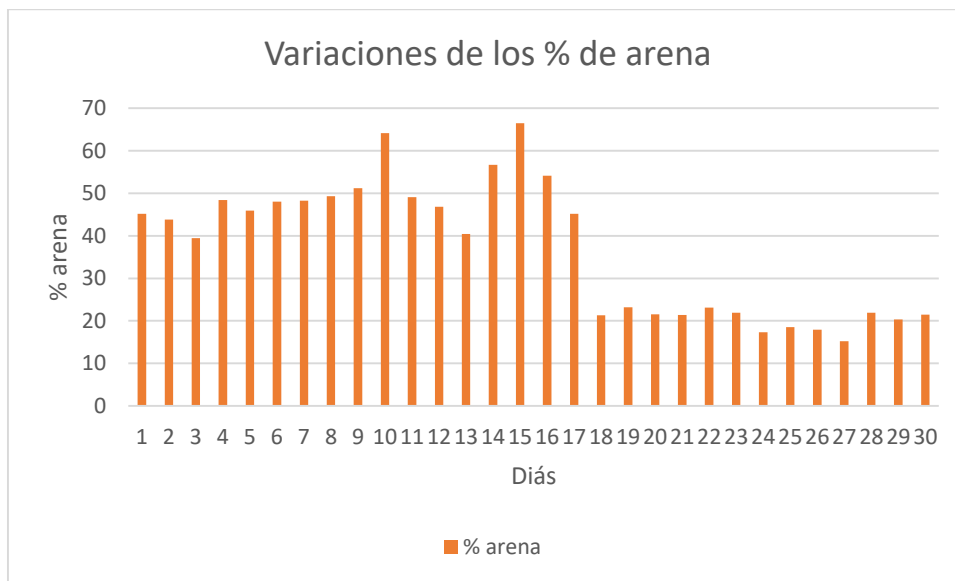


Figura 28 Variación de los resultados Porcentaje de arena de la recirculación o la descarga del hidrociclón 1 en los 30 días muestreados.

ANEXO 16

Tabla 13 Resultado en la salida del hidrociclón 1 en los 30 días muestreados.

Días	Peso de la Pulpa	% solido	Peso de la arena	% arena	Densidad
1	623	32,65	62	15,29	1,246
2	630	34,10	50	11,64	1,26
3	621	32,23	54	13,49	1,242
4	635	35,11	53	11,89	1,27
5	599	27,43	58	17,65	1,198
6	598	27,21	61	18,79	1,196
7	597	26,98	64	19,87	1,194
8	580	22,99	55	20,62	1,16
9	583	23,71	50	18,08	1,166
10	574	21,53	51	20,63	1,148
11	673	42,33	74	12,99	1,346
12	682	43,92	77	12,85	1,364
13	680	43,57	80	13,50	1,36
14	643	36,70	77	16,31	1,286
15	594	26,29	65	20,31	1,188

16	588	24,90	59	20,15	1,76
17	573	21,29	53	21,73	1,146
18	577	22,27	41	15,96	1,154
19	598	27,21	40	12,29	1,196
20	600	27,66	38	11,45	1,2
21	603	28,33	35	10,24	1,206
22	614	30,74	33	9,27	1,228
23	632	34,51	37	8,48	1,264
24	678	43,22	40	6,83	1,356
25	609	29,66	35	9,69	1,218
26	587	24,66	32	11,5	1,174
27	573	21,29	20	8,20	1,146
28	564	19,03	23	10,72	1,128
29	550	15,36	20	11,84	1,1
30	555	16,69	19	10,25	1,11

ANEXO 17

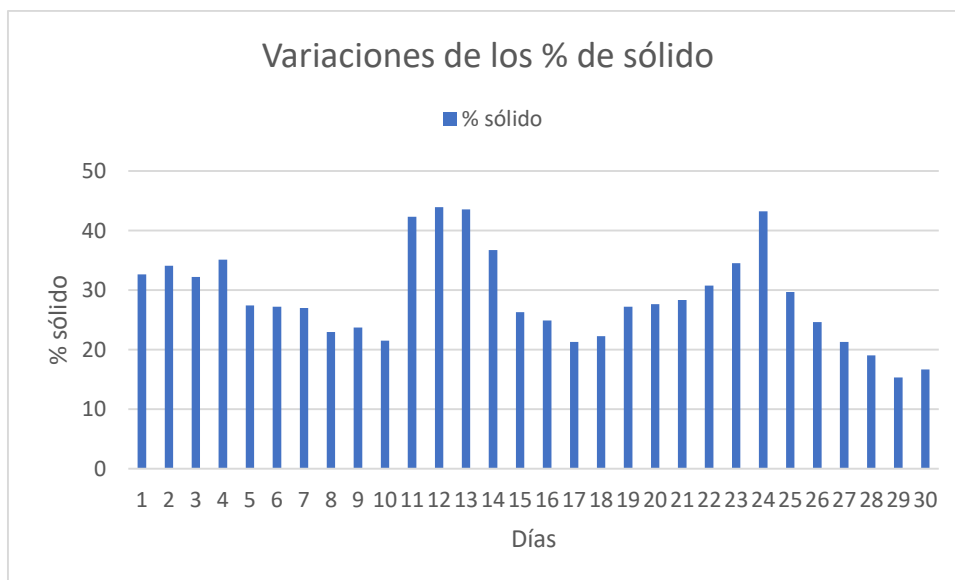


Figura 29 Variación de los resultados del porcentaje de sólido en la salida del hidrociclón 1 en los 30 días muestreados.

ANEXO 18

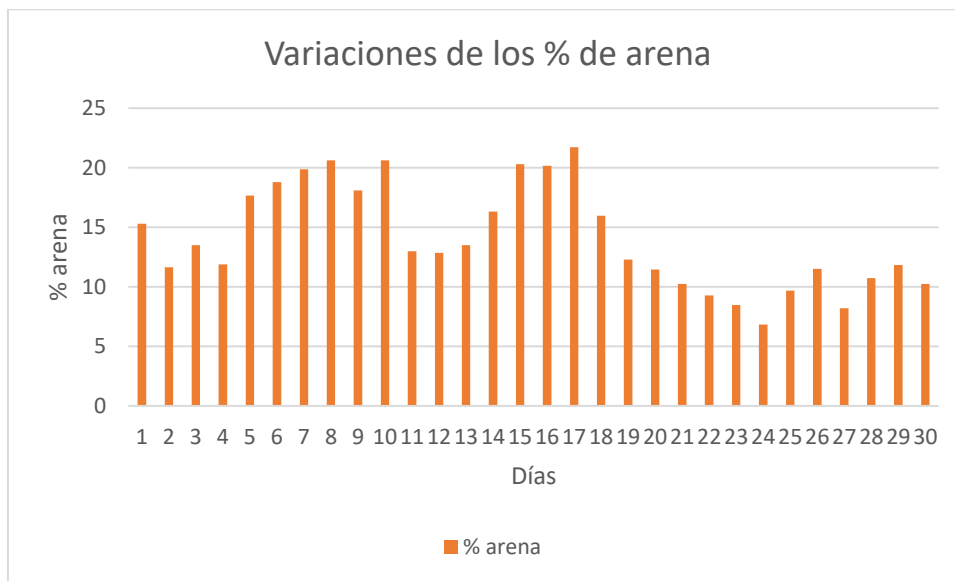


Figura 30 Variación de los resultados del porcentaje de arena en la salida del hidrociclón 1 en los 30 días muestreados.

ANEXO 19

Tabla 14 Resultados de la salida del hidrociclón 2 en los 30 días muestreados.

Días	Peso de la Pulpa	% sólido	Peso de la arena	% arena	Densidad
1	650	38,06	30	6,06	1,3
2	630	34,10	32,2	7,49	1,26
3	645	37,09	38	7,94	1,29
4	640	36,11	45	9,74	1,28
5	672	42,11	23	4,06	1,344
6	632	34,51	20	4,39	1,264
7	631	34,30	17,8	4,11	1,262
8	602	28,11	22	6,50	1,204
9	596	26,75	37	11,06	1,129
10	634	34,91	30	6,78	1,268
11	613	30,53	34	9,08	1,226
12	645	37,09	39,5	8,25	1,29
13	633	34,71	40	9,10	1,266
14	624	32,86	42,4	10,38	1,248

15	619	31,81	43	10,92	1,238
16	608	29,44	38	10,62	1,216
17	600	27,66	34	10,24	1,2
18	603	28,33	32	9,37	1,206
19	608	24,44	29	8,10	1,216
20	632	34,51	23	5,27	1,264
21	615	30,96	25	6,57	1,23
22	660	39,95	32	6,07	1,32
23	678	43,22	31.9	5,44	1,356
24	654	38,83	29,4	5,79	1,308
25	659	39,77	31	5,91	1,318
26	643	36,70	32.9	6,97	1,286
27	645	37,09	40	8,36	1,29
28	641	36,31	39,4	8,46	1,282
29	681	43,74	26	4,36	1,362
30	643	36,70	29,7	6,29	1,286

ANEXO 20

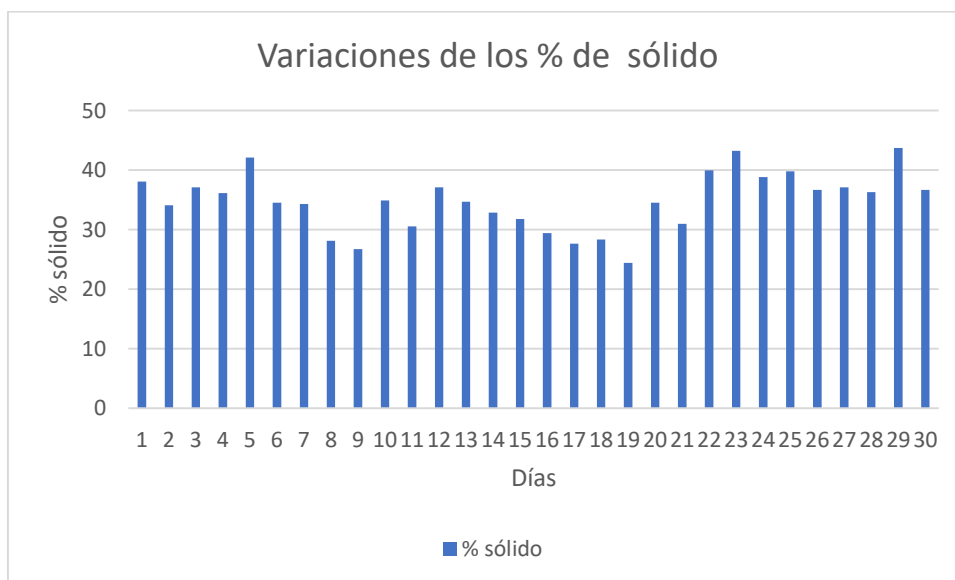


Figura 31 Variación de los resultados del porcentaje de sólido de la salida del hidrociclón 2 en los 30 días muestreados.

ANEXO 21

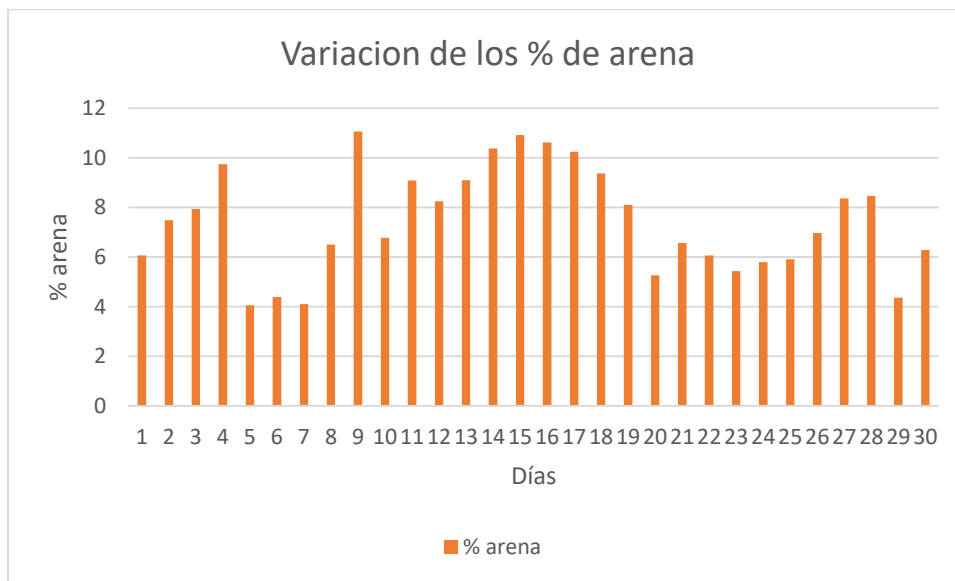


Figura 32 Variación de los resultados del porcentaje de arena de la salida del hidrociclón 2 en los 30 días muestreados.

ANEXO 22

Tabla 15 Resultados del producto final en los 30 días muestreados.

Días	Peso de la Pulpa	% sólido	Peso de la arena	% arena	Densidad	Cloruro (%)
1	590	24,37	31	10,36	1,18	2000
2	572	21,04	23	9,56	1,144	2210
3	577	22,27	28	10,90	1,154	2074
4	600	27,66	35	10,55	1,2	2215
5	612	30,31	40	10,78	1,224	2200
6	620	32,02	47	11,84	1,24	2500
7	632	34,51	50	11,46	1,264	2400
8	612	30,31	49,5	13,34	1,224	2006
9	620	32,02	58	14,61	1,24	2001
10	632	34,51	58	13,30	1,264	2600
11	602	28,11	38	11,23	1,204	2460
12	621	32,23	42	10,49	1,242	2300
13	583	23,71	32	11,57	1,16	2800
14	580	22,99	35	13,12	1,16	2700

15	632	34,51	67	15,36	1,264	3050
16	576	22,02	40	15,77	1,152	1998
17	642	36,51	73	15,57	1,285	1760
18	571	20,79	30	12,64	1,142	1800
19	590	25,37	32	10,69	1,18	1985
20	620	32,02	33	8,31	1,24	2000
21	609	29,66	31	8,58	1,218	2000
22	643	34,91	34	7,68	1,268	2400
23	660	39,95	36	6,83	1,32	1890
24	639	35,91	30	6,54	1,278	2002
25	640	36,11	36	7,79	1,28	2475
26	667	41,24	51	9,27	1,334	3000
27	642	36,51	39	8,32	1,284	2564
28	679	43,39	56	9,50	1,358	2800
29	680	43,57	48	8,10	1,36	2650
30	613	30,53	31	8,28	1,226	1890

ANEXO 23

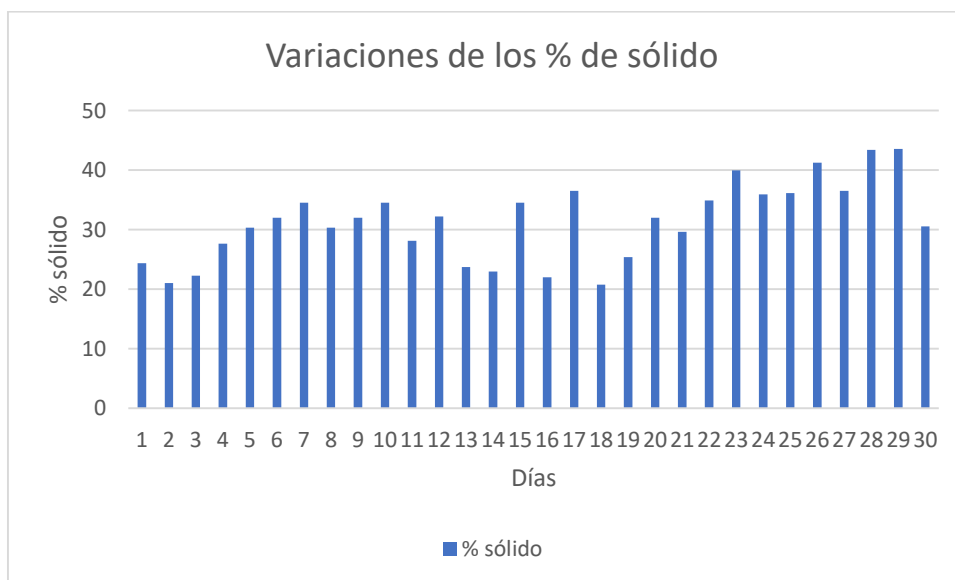


Figura 33 Variación de los resultados porcentaje de sólido del producto final en los 30 días muestreados.

ANEXO 23

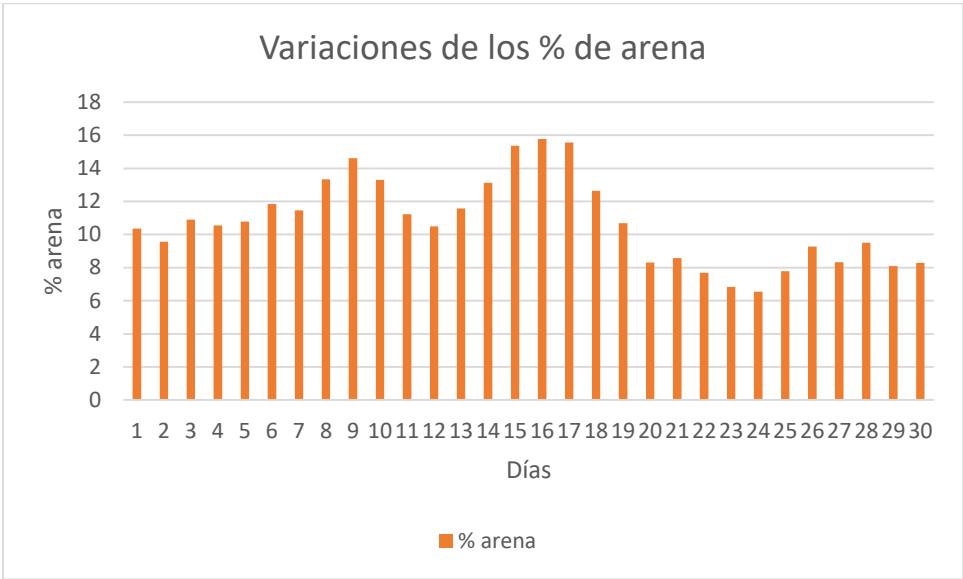


Figura 34 Variación de los resultados del porcentaje de arena del producto final en los 30 días

ANEXO 24

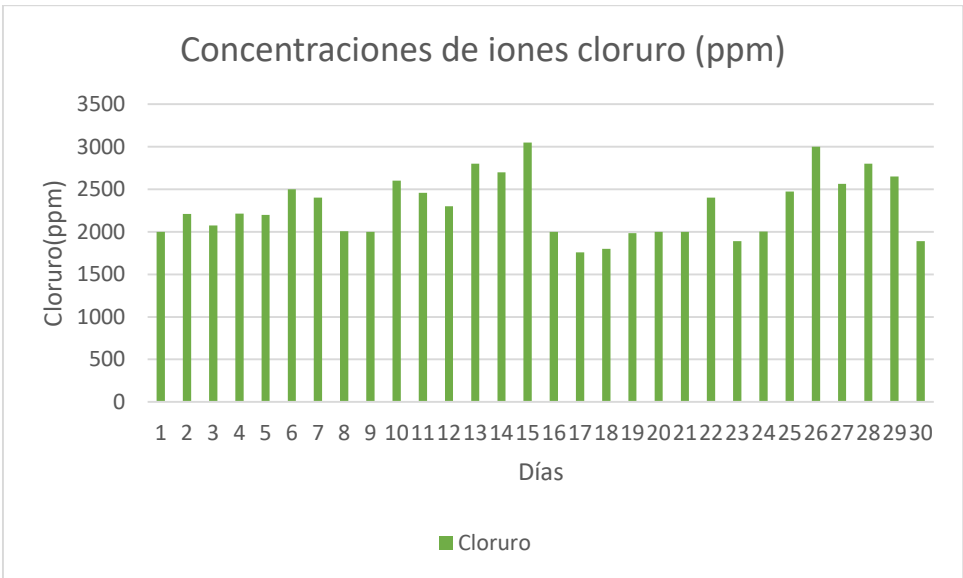


Figura 35 Variación de los resultados de las concentraciones de iones cloruro del producto final en los 30 días

ANEXO 25

Propuestas de normas para determinar porcentaje de sólido.

Objetivo de enlace.

Esta norma establece la determinación del porcentaje de sólido y arena en la pulpa de coral, de la planta de preparación del cieno carbonatado.

Referencias Normativas

NEIB 01 – 016-23:2011. Requisitos para la preparación de muestras sólidas y líquidas del proceso hidrometalúrgico.

Determinación de porcentaje de sólido

Fundamentos del método

Este método se basa en la determinación de la masa de un volumen conocido de pulpa y la relación de este con la densidad y la temperatura. Una vez obtenida estos valores se busca en tabla el porcentaje de sólido o se calcula matemáticamente.

Aparatos y utensilios

Recipiente metálico de 800 mL de capacidad

Probeta graduada con capacidad de 500 mL

Balanza con precisión de ± 0.1 g

Procedimiento:

Se toma la muestra en un recipiente metálico de aproximadamente 800 mL y se transfieren 500 mL de pulpa, con agitación a una probeta previamente tarada. La agitación se realiza tomando una probeta en una mano y el recipiente en la otra, transfiriendo una y otra vez del recipiente a la probeta y viceversa para homogenizar esta.

Se pesa la probeta con la pulpa y se le resta la tara, obteniéndose el peso de la pulpa, en (g).

Se deja la pulpa, para la posterior determinación de la arena.

Cálculo y expresiones de resultados.

Cálculo de la densidad:

La densidad de la pulpa se calcula por la siguiente fórmula:

$$\rho_{pulpa} = \frac{mp}{vp}$$

Donde:

ρ_p : densidad de la pulpa, en g/mL

mp: peso de la pulpa, en gramo

vp: volumen de la pulpa igual a 500mL

Cálculo del porcentaje de sólido

El porcentaje de sólido se determina por la fórmula siguiente:

$$\% \text{de sólido} = \frac{(\rho_p - \rho_l) \times G_s}{\rho_p (G_s - \rho_l)} \times 100$$

Donde

ρ_p =densidad de la pulpa determinada, en g/mL

ρ_l =densidad del agua a 28°C equivalente a 0.9962 g/mL

G_s =gravedad específica del mineral laterítico tomada con 2.58 g/mL

Determinación del porcentaje de arena:

Fundamentos del método

Este método se basa en determinar la fracción detenida en el tamiz de 100 mesh (0,150mm).

Aparatos y utensilios:

Para determinación de porcentaje de arena:

Tamiz de 0.150mm (100 mesh)

Balanza con precisión de ± 0.1 g

Procedimiento:

Se toma la probeta reservada de la determinación de la densidad, se vierte su contenido poco a poco en un tamiz de 0.150mm, previamente tarado.

Se lava la pulpa con abundante agua hasta que el agua salga transparente.

Se escurre bien el tamiz frotándolo con un paño seco y se pesa el tamiz con su contenido.

Se le resta la tara del tamiz, obteniéndose el peso de la arena húmeda, en (g).

Cálculo y expresión de los resultados:

Cálculo del porcentaje de arena:

$$\% \text{de arena} = \frac{\text{peso de arena húmeda} \times 0.50}{\text{peso del sólido seco}} \times 100$$

Donde:

Peso de arena húmeda: se determinó en el anexo (4.3.3)

0.50: Factor de humedad para coral

Peso de sólido secos: (sólidos secos = peso de pulpa $\times$ % de sólido/100)