



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE METALURGIA**

Análisis de las no conformidades en la calidad del óxido de níquel de la empresa “Comandante René Ramos Latour”

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Metalúrgico

Jenrry Sánchez Samé

MOA

2013



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE METALURGIA**

Análisis de las no conformidades en la calidad del óxido de níquel de la empresa “Comandante René Ramos Latour”

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Metalúrgico

Autor: Jenrry Sánchez Samé

Tutores: MSc. Oscar Leyva González

MSc. Roger Samuel Almenares Reyes

MOA

2013

RESUMEN

En la Empresa “Comandante René Ramos Latour” existen inconformidades con la calidad del óxido de níquel producido que no son resueltas con las acciones tomadas, por lo que el presente trabajo se enmarca en el análisis de las causas que provocan las no conformidades en la calidad del producto final de la sección de calcinación en la Planta de Recuperación y Sinter, basado en la caracterización del proceso de obtención de óxido de níquel y la identificación de las causas que inciden sobre la calidad del óxido de níquel durante el período comprendido entre enero y diciembre de 2011. A partir del análisis se determina la existencia de un considerable número de inconformidades referidas a los contenidos de níquel, cobalto, hierro y azufre, sobre las cuales se tienen definidos los procesos y procedimientos, sin embargo la implementación de los mismos no es correcta, pues se fijan acciones correctivas que no son debidamente supervisadas y las mismas persisten. De esta forma se logra demostrar que el efecto de las acciones correctivas tomadas para eliminar las causas de las no conformidades en el óxido de níquel de la Empresa “Comandante René Ramos” no es efectivo, no obstante en el caso del cobalto se aplican correctamente medidas preventivas y correctivas que resuelven la situación, por lo que es posible proponer alternativas para la obtención de un producto que satisfaga los estándares de calidad.

ABSTRACT

ÍNDICE	PÁG.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Estado actual y antecedentes de la investigación	4
1.2. Aspectos teóricos generales sobre la obtención de NiO	6
1.3. Conceptos de calidad fundamentales	9
1.4. Alternativas de mejora de los procesos	10
1.5. Control del producto no conforme	11
1.6. Desviación del régimen tecnológico normal. Causas y soluciones	12
1.7. Influencia de la calidad y carga de carbonato básico de níquel al horno de calcinación.	15
1.8. Sistema de control de calidad del producto.	16
1.9. Sistema de muestreo	17
1.10. Descripción del proceso carbonato amoniacal para la obtención de Níquel y Cobalto	17
1.10.1. Operación de obtención de carbonato básico de níquel	20
1.10.2. Descripción del proceso de obtención de óxido de níquel	22
1.11. Efecto de la operación sobre la calidad del óxido de níquel	24
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1. Características de la materia prima y materiales auxiliares	26
2.2. Sistema de muestreo del óxido de níquel calcinado	26
2.2.1. Procedimiento de muestreo	28
2.3. Especificaciones del producto final	31
2.4. Obtención y procesamiento de los datos para el trabajo	32
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	34
3.1. Análisis de los datos del proceso	34
3.1.1. Análisis del porcentaje de cobalto en el óxido calcinado	34
3.1.2. Análisis del porcentaje de níquel en el óxido calcinado	35
3.1.3. Análisis del porcentaje de hierro en el óxido calcinado	36
3.1.4. Análisis del porcentaje de azufre en el óxido calcinado	37
3.1.5. Análisis de la granulometría en el óxido calcinado	38
3.1.6. Análisis del porcentaje de carbón	39
3.2. Causas de las no conformidades y medidas correctivas aplicadas	39
3.3. Propuesta para el tratamiento de las no conformidades en el producto final	40
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Cuba posee crecientes y exclusivas ventajas naturales para la explotación del níquel, cuyo aprovechamiento adquirió una singular importancia después de los años 90 del siglo pasado. La etapa inicial del desarrollo de esta industria se remonta a principios del siglo XX, pero su consolidación como parte de la estructura económica de la isla ocurrió cuando se construyó la planta de Nicaro, la cual aportó las primeras producciones de óxido de níquel en diciembre de 1943. Parte de los yacimientos niquelíferos más importantes del mundo se encuentran en Cuba, los cuales representan aproximadamente el 37,3 % de las reservas mundiales.

En el noreste de la provincia de Holguín, se encuentran enclavadas las dos fábricas productoras de níquel y cobalto con proceso de lixiviación carbonato amoniacal (CARON) de Cuba, una de ellas es la Empresa “Comandante René Ramos Latour”, en Nicaro.

Uno de los principales retos a los que se enfrenta esta industria actualmente es la expansión de su producción con técnicas que ahorren gastos de portadores energéticos y generen mayor eficiencia metalúrgica.

En el panorama actual se presenta un proceso de globalización económica el cual exige a las organizaciones que definan sus estrategias y sus procesos con la finalidad de lograr un uso eficiente de sus recursos y el aumento de la productividad, de modo que puedan competir con éxito en el mercado, la base fundamental para ello es un sistema de gestión de la calidad con los fundamentos esenciales para la toma de decisiones, un óptimo entendimiento entre las partes interesadas y un aumento del éxito de la organización a través de la disminución de los costos y pérdidas por las No Conformidades (González, 2010)

La utilización racional de los recursos es una condición indispensable de cualquier proceso productivo que pretenda insertarse, con un mínimo de competitividad, en la economía contemporánea. En este sentido, los procesos de producción de níquel, no son la excepción dentro de la manufactura moderna.

En los últimos tiempos, en la Empresa “Comandante René Ramos Latour”, se vienen confrontando algunos problemas con la calidad del producto final, detectados por el sistema de gestión de la calidad. Estas no conformidades influyen negativamente en la capacidad productiva de la fábrica en general, con las correspondientes afectaciones económicas.

Dado que en el desarrollo contemporáneo de la gestión de la calidad en las organizaciones empresariales el punto de partida básico es saber que los elementos significativos para la satisfacción del cliente y con ello para la competitividad de la empresa, están determinados por la calidad del producto, el precio y la calidad del servicio y tomando en consideración que una “no conformidad” es el incumplimiento de algún requisito expresado por la norma ISO 9001:2008, la documentación del sistema de gestión de la calidad o la legislación aplicable al producto o servicio, en el presente trabajo se hace referencia a las no conformidades en el producto final óxido de níquel calcinado de la planta de calcinación de la empresa del níquel Comandante René Ramos Latour cuya calidad está dada por las características del producto mismo, por lo tanto determina la forma en que el cliente es atendido por la empresa.

Al revisar la documentación y consultar los resultados reales de la calidad del producto final, se evidencia que en la práctica productiva está presente la siguiente **situación problémica**: existen inconformidades con la calidad del óxido de níquel producido en la empresa Comandante René Ramos Latour que no son resueltas con las acciones tomadas.

La situación anterior es provocada por la existencia del siguiente **problema de investigación**: insuficiente conocimiento acerca del tratamiento a las no conformidades con la calidad del producto final en la empresa Comandante René Ramos Latour.

Objeto de estudio:

Calidad de los lotes de óxido de níquel durante el año 2011 en la Empresa Comandante René Ramos Latour.

Campo de acción:

No Conformidades en la Calidad del Producto Final de la Empresa “René Ramos Latour

Objetivo General:

Analizar las causas que provocan las no conformidades en la calidad del producto final de la sección de calcinación en la Planta de Recuperación y Sinter.

Para dar solución a este problema, se plantea la siguiente **hipótesis:**

Si se logra demostrar que el efecto de las acciones correctivas tomadas para eliminar las causas de las no conformidades en el óxido de níquel de la Empresa “Comandante René Ramos Latour” no es efectivo, es posible proponer alternativas para la obtención de un producto que satisfaga los estándares de calidad.

Para validar la hipótesis anterior, como objetivos específicos del presente trabajo se proponen:

- Caracterizar el proceso de obtención de óxido de níquel.
- Identificar las causas que inciden sobre la calidad del óxido de níquel.

En vistas a cumplimentar los objetivos anteriores, se han trazado las siguientes tareas:

- Sistematización del conocimiento a partir del análisis de la revisión bibliográfica e identificación del estado actual de la temática.
- Caracterización del proceso de obtención de óxido de níquel.
- Determinación de las causas que inciden sobre las no conformidades en la calidad del óxido de níquel.
- Análisis de las medidas tomadas para eliminar las no conformidades.
- Propuesta para la obtención de un producto que satisfaga los estándares de calidad.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

El análisis que se realiza en este capítulo expresa los diferentes aspectos relacionados con el tema, discutidos en la bibliografía consultada y los aspectos teóricos conceptuales que ayudan a la realización de este trabajo.

Estado actual y antecedentes de la investigación

Varios autores han investigado los factores que influyen sobre la calidad del óxido de níquel calcinado. Desde la época de explotación norteamericana de la empresa aparecen documentos que abordan el tema:

Daubenspeck (1955), relata las pruebas de laboratorio, reportadas por la compañía Freeport, que evalúan un régimen de temperatura en ascenso, observan los cambios de color en el óxido obtenido de negro a gris y finalmente a verde-amarillo, así como el incremento de la densidad, decrece el contenido de azufre y que la solubilidad en ácido sulfúrico a 80 °C también descende.

En este interesante reporte indican que este problema será incluido en la lista de problemas del proceso de Nicaro.

Díaz (1966), estima que el sistema de muestreo empleado debe ser mejorado, pudiéndose tener más confiabilidad en los resultados analíticos obtenidos y mayor facilidad en la supervisión del proceso, señala las deficiencias que se confrontan y propone un nuevo sistema de muestreo.

Rodríguez (1983), realiza una investigación con el fin de identificar el óxido de níquel en cuanto a algunas de sus propiedades físicas y su composición química, sin embargo, no se hizo un trabajo independiente para cada tolva, sino un compósito de las mismas, ni se pudo determinar el contenido de níquel en los polvos de recirculación, se concluye que no existe relación aparente entre los

contenidos de níquel , cobalto, hierro y azufre con la fracción magnética, Ni y solubilidad en el óxido o el polvillo.

Casanova (1988), realiza pruebas tomando muestras de óxido a la salida del horno de calcinación cada una hora, para determinar la densidad y la granulometría. La autora llega a encontrar una ecuación que permite predecir la densidad del óxido, si se conocen las diferentes granulometrías, concluye que para una alta densidad se obtiene una mayor cantidad de la fracción gruesa, aunque no resulta definitivo este trabajo plantea una posibilidad de predicción que facilita el trabajo operativo.

Estévez et al. (1990), con el propósito de mejorar la calidad del óxido de níquel, afectado por los valores de níquel metálico, desarrollan investigaciones resultando que la calcinación oxidante del óxido de níquel en polvo (polvillo) disminuye el contenido de níquel metálico a valores inferiores a la exigida por el mercado en ese momento.

Romero (1991); aborda sobre los datos necesarios para determinar el calor de disociación del carbonato básico de níquel, en el proceso de calcinación.

Martín (1992); estudia los factores temperatura, tiempo de retención, contenido de O₂ en los gases y el contacto entre el óxido y los gases, como elementos que influyen en la reacción química de formación del óxido de níquel.

Silva (1996) realiza un estudio sobre el análisis de la densidad del óxido de níquel calcinado con el objetivo de obtener un resultado más confiable de esta determinación, observando la diferencia entre los procedimientos de muestreo y análisis entre la Planta y el laboratorio.

El material de consulta del colectivo de profesores del Departamento de Metalurgia del ISMM.2003., *Operaciones unitarias para operadores de planta*, aporta elementos del control de parámetros que debe realizarse para garantizar la calidad de las operaciones.

Si bien existen trabajos acerca de los parámetros a controlar en la operación, así como el estudio de factores mecánicos del horno de calcinación, no es hasta el año 2010, en que se decide enviar el óxido de níquel a sinterizar en la empresa Comandante Che Guevara de Moa, que se establece un nuevo protocolo de

calidad, (anteriormente se producía en Nicaro el óxido de níquel Sinter que se exportaba).

A pesar del establecimiento de normas y protocolos para el control de las operaciones con vistas a obtener un producto de mejor calidad, el tema del tratamiento de las no conformidades, con un enfoque de gestión de calidad ha sido poco reflejado en la bibliografía consultada.

Aspectos teóricos generales sobre la obtención de NiO

La operación depende fundamentalmente de la uniformidad con que sea alimentado el carbonato de níquel y después, del control apropiado de la combustión, además de mantener el gradiente de temperaturas a lo largo del horno de calcinación, dentro de estrechos límites.

La operación de los filtros rotatorios al vacío está estrechamente relacionada con la operación del horno de calcinación, la operación de los filtros tiene que garantizar que la carga de carbonato al horno sea lo más uniforme posible tanto en volumen como en humedad. No se permiten variaciones mayores de dos t/h al horno. Se considera una mala operación mantener una carga determinada al horno, aumentando la humedad del carbonato porque este incrementa el consumo de petróleo en el horno, altera la calidad de NiO calcinado y se producen piedras que dañan los refractarios del interior del horno.

Los filtros se operan de forma tal que la velocidad de la sedimentación de la pulpa en el cono del sedimentador debe mantenerse en el rango de 1020-1080 g/cm³

La temperatura de la pulpa debe mantenerse entre 80 y 90 C° para garantizar una buena velocidad de sedimentación, un buen proceso de filtrado y un mejor secado del carbonato. Una correcta operación de los filtros rotatorios al vacío garantiza una buena operación del horno de calcinación, por lo que se debe supervisar la operación constantemente, determinando las densidades del sedimentador del horno cada una hora así como la presión de vacío y secado en cada filtro y el amperaje de los sedimentadores.

La medición del flujo de petróleo se realiza con flujómetro industrial y su rango es de 200 – 2000 l/h.

La medición de presión de tiro se realiza con un manómetro de vacío de 0,5 – 6 mm de agua, con cilindros que se accionan para abrir y cerrar la válvula que está antes del ventilador.

La medición de la temperatura desde la zona intermedia T-3 se realiza con un termopar y es mostrada en el sistema EROS, 450 – 500 °C.

El perfil de temperatura de las diferentes zonas del horno es uno de los parámetros más importantes para obtener una buena calidad del NiO calcinado.

Tabla 1.1. Perfil de temperaturas en las diferentes zonas del horno de calcinación.

Termopar	Zona del horno	Rango de temperatura Horno No. 1	Rango de temperatura Horno No. 2
T1	Refractario en la zona de combustión	600- 1180	600- 1180
T2	Refractario en la zona de calcinación	820-900	700-860
T3	Refractario en la zona de las cadenas	600-750	480-580
T4	Gases a la salida del horno	560-680	300-380
T5	Gases a la entrada de los electrofiltros	130-300	190-300
T6	Gases a la salida de los electrofiltros	Depende de T5	Depende de T5

La medición del porcentaje de oxígeno en los gases de salida se realiza con el equipo ORSAT, el cual oscila entre 0,5 – 2,5 %.

El chequeo del contenido de níquel en el producto terminado, por análisis químico es de 77,5 % máximo como norma.

El chequeo del contenido de azufre en el producto terminado mediante análisis químico es de 0,03 % como norma.

Además del perfil de temperatura en el horno de calcinación se controlan otros parámetros como:

- Flujo de petróleo
- Presión de aire primario
- Relación del flujo de petróleo con respecto a la presión del aire primario de 9-17.
- Presión de vapor que entra al quemador con respecto a la presión de petróleo que entra al quemador.
- Composición de los gases a la salida del horno.

CO₂ ----- 13-16 %.

O₂ ----- 0,5-2,5 %.

CO ----- 0 %.

Parámetros de control para cada horno en particular

	Horno No. 1	Horno No. 2
Amperaje del motor del horno	14 – 24 A	22-36 A
Carga de carbonato al horno	5-10 t/h	8-18 t/h
(No deben efectuarse cambios de más de 2 t/h)		
Humedad del carbonato	66 %	
Velocidad de rotación del horno.	45 rph	48 rph
Índice de consumo de Petróleo:	580 kg / t de Ni + Co	

Conceptos de calidad fundamentales

Es importante el enfoque de la calidad, ya que de la calidad del NiO depende la del sinter que se produce en la Empresa Che Guevara, producto final que se exporta y del cual depende la satisfacción del cliente final.

Según la norma ISO 9001: 2008 la calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

La primera regla de los procesos de Calidad dice:

Solo hay una definición de Calidad y esa definición la da el cliente.

Para un mercado turbulento, caracterizado por una competencia agresiva, con rápida obsolescencia de los productos y servicios que ofrece la empresa y con clientes cada vez más exigentes y cambiantes, se debe incluir un componente dinámico como es la siguiente propuesta:

Calidad es la creación continua de valor para el cliente.

La estrategia de calidad para esta definición se basa en determinar los requisitos deseos y especificaciones del cliente: compararlos con los ofrecidos por la empresa reducir la brecha entre ambos y darle continuamente valor agregado al cliente donde él lo considere importante. Este valor agregado puede encontrarse en mejorar el tiempo de entrega del producto, su presentación o su confiabilidad,

El control de los parámetros de un proceso industrial es una actividad muy rigurosa y que debe ser realizada con el mayor grado de precisión posible, ya que, la efectividad y la calidad del mismo dependen de que tan bien sea llevado dicho control, más aún si el proceso incluye un gran número de parámetros y variables dependientes entre sí.

La calcinación es un proceso, que en el ámbito industrial, incluye un gran número de parámetros y variables que definen la calidad del producto calcinado obtenido, así como la eficiencia de esta operación y de las demás subsecuentes.

Una no conformidad es el incumplimiento de un requisito especificado. Las no conformidades deben de identificarse, registrarse y, sobre todo, tratarse.

El tratamiento, clásico, de una no conformidad es, aplicar cuatro posibles tratamientos: rechazar el producto, reprocesarlo (aplicar un proceso que lo haga conforme,), reclasificarlo (cambiar su destino) o aceptarlo (si tengo la concesión de el cliente)

Las “no conformidades”, son simplemente oportunidades de mejora para la empresa, ya que se identifica dónde está el problema, para que se trabaje y se pueda mejorar.

Alternativas de mejora de los procesos

Un primer elemento que va a intervenir para decidir que mejoras son necesarias en un proceso se centra en los resultados de su control. Los valores de prestación del proceso, que se han utilizado para evaluar su calidad, suelen estar basados en el cumplimiento de determinados requisitos de los productos o servicios comprometidos con el cliente o regulados en Normas Especificaciones, etc.

El resultado de los procesos es el que va a condicionar las alternativas de mejora. La mejora continua de los procesos es el caso más habitual de los procesos productivos, tanto en la fabricación de productos como en la prestación de servicios. Las mejoras se perciben como necesarias, aunque no urgentes. En este caso la opción más conveniente es la de los Equipos de Calidad que utilizando herramientas mejora continua, de modo gradual identifican los problemas del proceso e implantan acciones de mejora, tendentes a eliminar o minimizar las causas de dichos problemas.

Según la ISO 9001:2008 en el requisito 8.5.2, en la empresa deben existir al menos dos documentos que aseguren la gestión en lo relativo a la mejora continua y concretamente en relación a la gestión de las acciones correctivas:

Estos documentos son:

- Procedimiento de Acciones Correctivas
- Registro de Acciones Correctivas asociado al procedimiento.

Como una de las medidas del desempeño del sistema de gestión de la calidad, la empresa debe realizar el seguimiento de la información relativa a la percepción del

cliente con respecto al cumplimiento de sus requisitos por parte de la organización. Deben determinarse los métodos para obtener y utilizar dicha información.

Control del producto no conforme

Varios investigadores del tema (Estévez y Martín, 1998; Caballero, 2005) han planteado que es necesario asegurarse de que el producto que no sea conforme con los requisitos exigidos, se identifique y controle para prevenir su uso o entrega no intencionados. Se debe establecer un procedimiento documentado para definir los controles, las responsabilidades y autoridades relacionadas para tratar el producto no conforme.

Cuando sea aplicable, la empresa debe tratar los productos no conformes mediante una o más de las siguientes maneras:

- a) tomando acciones para eliminar la no conformidad detectada;
- b) autorizando su uso, liberación o aceptación bajo concesión por una autoridad pertinente y, cuando sea aplicable, por el cliente;
- c) tomando acciones para impedir su uso o aplicación prevista originalmente;
- d) tomando acciones apropiadas a los efectos, reales o potenciales, de la no conformidad cuando se detecta un producto no conforme después de su entrega o cuando ya ha comenzado su uso.

Cuando se corrige un producto no conforme, debe someterse a una nueva verificación para demostrar su conformidad con los requisitos.

A partir de trabajos desarrollados (Acosta, 2009) se establece que se deben mantener registros de la naturaleza de las no conformidades y de cualquier acción tomada posteriormente, incluyendo las concesiones que se hayan obtenido.

Tabla 1.2. Análisis y requisitos de calidad del carbonato y óxido de níquel.

Código de la Muestra	Denominación	Requisitos de calidad
N-65	Carbonato de níquel alimentado al horno de calcinación	H ₂ O ≤ 66% Fe ≤ 0,15%
N-70	Oxido de níquel calcinado	Ni = 75,5 - 77,5% Co ≤ 0,7% S ≤ 0,03% Fe ≤ 0,5% Densidad = 2,90-3,10 g/cm ³

Desviación del régimen tecnológico normal. Causas y soluciones

Existen incidencias operativas que influyen sobre la operación:

Descarga de polvo del sistema de colección.

Parada o puesta en operación de un filtro rotatorio.

Avería en la instalación de los filtros o en el sistema de transportación (roturas de correas, tupición de embudos, disminución de vacío, tupición en líneas de carbonato, disparo, de bombas, etc.)

Variación del porcentaje de CO dentro del horno.

Los análisis de los gases de salida permiten conocer si la combustión del petróleo es completa o incompleta y si se está trabajando en un medio reductor adecuado, ambas cuestiones inciden directamente sobre la calidad del óxido.

Si se detecta la presencia de monóxido de carbono, esto indica que la combustión del petróleo es incompleta y por tanto el óxido puede salir contaminado en azufre. Si se detecta alto porcentaje de oxígeno, esto indica que el medio es muy oxidante y puede producirse un óxido polvoriento de baja densidad y con la posibilidad de estar contaminado con azufre.

Las causas que originan las variaciones en las concentraciones de los gases de salida son:

- Variaciones del flujo de petróleo.
- Variaciones en el tiro y flujo de aire primario.
- Variaciones en la carga alimentada al horno.
- Variaciones en la temperatura.

Acosta et al (2001), en estudios realizados han podido determinar las causas de mayor peso en la desviación del régimen tecnológico y proponen la corrección de éstas.

Tabla 1.3. Desviación del régimen tecnológico normal. Causas y soluciones.

Desviaciones del régimen tecnológico	Causas	Solución
Bajo flujo de petróleo	Problema de las bombas de petróleo	Arreglo de la bomba de petróleo
	Muy abiertas las válvulas de retorno	Regulación de las válvulas de retorno
	Avería en el control neumático	Efectuar la operación manualmente
Baja presión de tiro	Problemas en el ventilador de tiro	Reparación del ventilador de tiro.
	Entrada adicional de aire	Eliminando entrada parásita por la puerta del horno
Alto oxígeno en los gases de	Bajo flujo de petróleo	Ajustar parámetro
	Alta presión de tiro	Ajustar parámetro
	Alta presión de aire	Ajustar parámetro
	Baja carga de carbonato	Elevar la carga a

Desviaciones del régimen tecnológico	Causas	Solución
salida		valores normales
Bajo contenido de níquel en el producto terminado	Alto % de oxígeno en los gases de salida	Mantener parámetro en los valores establecidos
	Baja temperatura de calcinación	Mantener parámetro en los valores establecidos
Alto contenido de azufre en el producto terminado	Baja temperatura de calcinación	Mantener temperatura en los valores establecidos y aumentar flujo de petróleo
Alto contenido de azufre en el producto terminado	Exceso de carga de carbonato	Mantener carga en los valores normales
	Mala combustión del quemador	Revisar el quemador y si es necesario cambiarlo
	Baja presión de atomización	Mantener la presión del vapor en los valores normales
Baja temperatura en la zona intermedia (T-3)	Bajo flujo de petróleo	Ajustar el flujo
	Baja presión de tiro	Aumentar presión de tiro
	Alta carga de carbonato	Ajustar flujo de petróleo con la carga
Alta temperatura	Alto flujo de petróleo	Ajustar el flujo

Desviaciones del régimen tecnológico	Causas	Solución
en la zona intermedia.	Alta presión de tiro	Disminuir presión de tiro
	Baja carga de carbonato	Ajustar flujo de petróleo con la carga
Bajo oxígeno en los gases de salida.	Alto flujo de petróleo	Ajustar parámetros con la carga recibida
	Baja presión de tiro	
	Bajo aire primario	

Influencia de la calidad y carga de carbonato básico de níquel al horno de calcinación.

La calidad de la alimentación al horno y variación de la densidad del carbonato básico de níquel inciden directamente en la calidad del producto final

Santiesteban (2002); acota en sus trabajos que existe una relación directa entre la densidad del carbonato sobre el NiO con la variación del níquel en el licor producto y el alto contenido de azufre en el licor que se incorpora al mismo por la utilización de petróleo de alto azufre y esto implica tomar decisiones operativas tales como trabajar la descarga de los alambiques con alta concentración de amoníaco, se pierde más amoníaco pero se logra que no cambien las características del carbonato y además una sobre destilación provoca un incremento de los sólidos en suspensión.

Las variaciones en la carga de carbonato de níquel alimentado al horno traen como consecuencia variaciones en las temperaturas dentro del horno, variaciones de las concentraciones de CO₂, O₂ y CO de los gases de salida y en la densidad del óxido producido

Sistema de control de calidad del producto.

Variables de Proceso:

- Carga de Carbonato de Níquel alimentada al Horno.
- Humedad del Carbonato de Níquel alimentado.
- Temperatura en las diferentes zonas del horno.
- Flujo de petróleo.
- Presión del aire primario.
- Presión del vapor que entra al quemador.
- Porcentaje CO₂, O₂ y CO.
- Temperatura de salida del petróleo.
- Presión de entrada del petróleo al quemador.
- Tiro inducido por el ventilador.
- Densidad del óxido que se produce.
- Amperaje del motor de horno.
- Temperatura de la cámara enfriamiento del horno.

Sistema de muestreo

Tabla 1.4. Sistema de muestreo del carbonato y óxido de níquel

Clave	Descripción de la muestra	Lugar de toma	Intervalo	Análisis %	Objetivo de la muestra
N-65	Carbonato húmedo	Al final de la correa transportadora	Cada 2 horas, se hace Compòsito 12 horas	H ₂ O y Fe	Controlar la humedad y contenido de hierro del carbonato que entra al horno de calcinación.
N-70	Óxido de Níquel Calcinado	Descarga del horno de calcinación.	Cada 1 hora, se hace un Compòsito 12 horas	Ni, Co, Fe, S y C.	Conocer la calidad del producto.
N-66	Óxido de Ni Calcinado.	Descarga del horno de calcinación.	De acuerdo a los resultados de la operación	Densidad y Granulometría	Control operativo.

Descripción del proceso carbonato amoniacal para la obtención de Níquel y Cobalto

El proceso carbonato amoniacal cuenta con varias etapas de operación, donde se mezcla la tecnología piro metalúrgica con la hidrometalúrgica, para dar lugar a producciones de sulfuros de Ni y Co, polvo metalúrgico (polvillo) y níquel sinterizado.

Existen 6 etapas de operación, identificadas como preparación del mineral, reducción de los elementos contenidos en el mineral, lixiviación carbonato amoniacal de los elementos valiosos, separación de Ni y Co en forma de sulfuros, obtención de óxido de níquel calcinado y por último producción de níquel sinterizado.

El mineral procedente de la mina se descarga en un depósito exterior, donde se homogeniza con el empleo de grúas viajeras de puente del tipo cuchara, formando pilas que facilitan la decantación de las piedras grandes y disminución de la humedad, siendo esta operación la primera fase de la preparación del mineral.

El mineral homogeneizado se envía a la sección de trituración, utilizando un sistema de transportación por bandas de goma, luego se alimenta a los secaderos de mineral hasta lograr una humedad de 4 a 5 %. Una vez secado el mineral se traslada a los molinos, mediante un sistema combinado de bandas de goma y elevadores, obteniendo mineral seco y molido con una fineza de 80 a 83 % de la malla 0,074 mm y humedad de 4 – 5 %.

En la Planta de Preparación de Mineral existe además un depósito interior, equipado con dos grúas puente del tipo cuchara, que realizan operaciones complementarias para asegurar la alimentación de mineral a los secaderos y existe un sistema de limpieza de gases de los secaderos utilizando un filtro de mangas.

Una vez secado y molido el mineral se almacena en silos y luego es bombeado a la Planta Hornos de Reducción, donde mediante la utilización de hornos de soleras múltiples del tipo Herreshoff, que operan con petróleo combustible para asegurar el perfil térmico y los gases, se asegura la reducción de los óxidos presentes en el mineral.

En la Planta de Hornos de Reducción existe además una instalación para la limpieza de los gases que salen, utilizando un precipitador electrostático, que devuelve el mineral recuperado al proceso, minimizando la contaminación al medio ambiente y las pérdidas de níquel y cobalto.

El mineral reducido pasa a la Planta de Lixiviación y Lavado, donde el mineral primeramente se lixivia en dos etapas en reactores convencionales, combinado

con tres etapas de sedimentación y luego pasa a la fase de lavado en 5 etapas de sedimentación, este proceso se realiza a contracorriente, es decir los licores entran al proceso por la última etapa de lavado y se descargan por la primera, siendo este el producto final del proceso, licor producto enriquecido en níquel y cobalto.

En esta Planta existe además una instalación de enfriamiento de licores, varias unidades generadoras de aire de baja presión para los reactores, dos sistemas de absorción de amoniaco, para evitar pérdidas elevadas de amoniaco a la atmósfera y una estación centralizada para aplicar floculante a los sedimentadores para mejorar la clarificación de los licores.

La cola de la última etapa de lavado se envía para la sección de destilación, donde se recupera el amoniaco y se incorpora al proceso. El licor producto y licor de segunda etapa obtenido en la sección de lixiviación se procesa en la sección de precipitación de cobalto en dos etapas, cuyo objetivo es asegurar la calidad de la producción de sinter y tener una producción adicional de sulfuro de Ni y Co. Esta instalación cuenta con reactores tubulares, sedimentadores, filtros de placas y naves para el secado del producto final.

El licor tratado en la sección de precipitación de cobalto se envía para la Planta de Recuperación de Amoniaco donde se obtiene el carbonato básico de níquel, que luego se envía a la instalación de filtración, que alimenta al horno de calcinación, donde se obtiene el óxido de níquel.

En esta Planta de Recuperación de Amoniaco, además de los alambiques de licor y cola, existe un sistema de absorción de amoniaco, una instalación de recuperación de níquel disuelto, una instalación para recolectar el polvo metalúrgico del sistema y un precipitador electroestático, para la operación del calcinador.

El óxido calcinado es la materia prima del proceso de sinterización donde, con el empleo de carbón antracita de bajo azufre, se logra concentrar el níquel a valores de 86 a 90 %, para ello la instalación cuenta con varias tolvas de almacenaje de productos, dos máquinas de sinterizar y filtro de mangas para recuperar el níquel que sale con los gases del proceso de sinterización.

Existe una Termoeléctrica que asegura el vapor de alta para el proceso y vapor de baja para la destilación de licor y cola. La energía eléctrica que se produce en la termoeléctrica se complementa con el sistema energético nacional para asegurar la operación de la industria.

1.1.1. Operación de obtención de carbonato básico de níquel

El carbonato básico de níquel se obtiene como resultado de la destilación del licor producto en los alambiques de licor, luego es descargado en los tanques flash con el objetivo de despresurizarlo; por medio de bombas es enviado al tanque distribuidor el cual descarga por gravedad la pulpa recibida a los sedimentadores de carbonato, Norte y/o Sur; de estos sedimentadores generalmente trabaja uno y el otro permanece de reserva. En el sedimentador, por medio del mecanismo de agitación de brazos largos y cortos, la pulpa enriquecida es llevada hasta el cono o fondo por donde es extraída por medio de bombas y trasladada hasta los filtros rotatorios de vacío.

De los sedimentadores se obtienen productos que siguen diferentes caminos:

a) El agua de Reboso: Se envía al reactor donde se le inyecta el agente precipitante (Hidrosulfuro de amoníaco o sulfhidrato de sodio) con el objetivo de recuperar el níquel disuelto y precipitarlo en forma de sulfuro en el sedimentador destinado para ese fin. El agua de reboso del sedimentador de sulfuro se vierte al canal de drenaje de la fábrica.

b) La pulpa de carbonato: se saca por el fondo del sedimentador por medio de bombas las cuales envían a los filtros rotatorios al vacío (3 de tambor y 1 de disco) los cuales separan el agua del carbonato hasta alrededor del 65%. Con esta humedad el carbonato de níquel es introducido al horno de calcinación por medio de un sinfín (existen dos hornos de calcinación de los cuales uno está en operación y el otro de reserva o reparación).

En el área de filtrado existen tres filtros rotatorios de tambor al vacío, conocidos como filtros EIMCO y un filtro rotatorio al vacío de disco conocido como filtro 4 o de hojas. En cada filtro existe un pequeño tanque receptor de la pulpa, procedente de los sedimentadores de carbonato, a estos tanques llegan tres

líneas conocidas como 14,15 y auxiliar las cuales sirven de transporte a la pulpa; también a cada uno de ellos llega una línea de menor diámetro que se emplea para suministrarle NH_3 a la taza de los filtros para la limpieza de los paños. Después de los tanques la pulpa cae a la taza de los filtros, los cuales, están provistos de agitadores para evitar que el carbonato se sedimente en el fondo de la taza y provoque una avería. A la entrada de cada filtro EIMCO existe una línea para casos de emergencia donde el operador puede desviar el flujo de pulpa hacia el tanque de retorno y de este la pulpa es bombeada de nuevo hacia el sedimentador de carbonato.

El agua filtrada pasa a través de los conductos interiores del filtro hasta la válvula distribuidora saliendo por dos tuberías conectadas en la pared central anterior del filtro. La tubería inferior con válvula a la entrada de cada filtro es la que proporciona el vacío para el secado del carbonato, ambas tuberías descargan a dos tanques unidos (cada una en uno de ellos), por la parte inferior de cada tanque sale una tubería que lleva el filtrado hasta las bombas, (de filtrado), las cuales lo envían para el tanque de retorno y de este son bombeados de nuevo al sedimentador de carbonato. Por la parte superior de cada tanque sale una tubería, ambas se unen a otra que conduce los gases hasta un condensador de contacto directo, los gases entran por la parte inferior mientras que el agua lo hace por la parte media del tanque, de aquí los gases se pasan a un separador y por la parte superior de este sale una tubería que va hasta la succión de las bombas de vacío. Por el fondo del condensador y del separador sale una tubería, ambas están conectadas entre sí y descargan en un tanque descubierto a la atmósfera el cual posee un tubo en su parte superior que permite la salida del agua a un drenaje.

Los tres filtros rotatorios de tambor al vacío, tienen una malla metálica inoxidable que sirve de soporte a la lona que se fija a los filtros, esta lona cubre todo el filtro y sirve como medio filtrante. De la taza de los filtros rotatorios la pulpa de carbonato es extraída con ayuda del vacío que producen las tres bombas destinadas a ese fin, estas bombas garantizan un vacío con el cual el carbonato se adhiere al paño del filtro y se reduce la humedad hasta alrededor del 66% la descarga se produce con ayuda de una cuchilla, el carbonato es desprendido del paño y cae a

una correa transportadora que la descarga a la correa reversible y esta lo lleva hasta el sinfín alimentador del horno de calcinación.

En el sinfín alimentador de carbonato de níquel se mezcla con el polvo de recirculación proveniente del electrofiltro. Existen dos electrofiltros que tienen la función de extraer o recuperar el polvo de níquel que arrastran los gases producto de la combustión del petróleo dentro del horno de calcinación y reincorporarlos al proceso de calcinación

El carbonato de níquel pasa por las diferentes zonas del Horno de Calcinación hasta transformarse en óxido de níquel calcinado con ayuda del calor y los gases reductores producto de la combustión del petróleo dentro del horno. El NiO calcinado y enfriado es el producto final de esta planta y el mismo constituye la materia fundamental en el proceso de sinterización.

1.1.2. Descripción del proceso de obtención de óxido de níquel

La torta de carbonato de níquel formada en los filtros al vacío es descargada al horno de calcinación mezclada con el óxido de níquel en polvo de retorno obtenido del sistema de recirculación en el electrofiltro. El carbonato se dosifica al horno mediante un sinfín donde, a medida que se desplaza por el interior atraviesa por diferentes zonas: zona de los gases, zonas de las cadenas, zona de calcinación y zona de enfriamiento respectivamente. En el otro extremo del horno se encuentra instalado un quemador de petróleo el que produce una llama que permite el mantenimiento de altas temperaturas en el interior del horno.

Los hornos de calcinación tienen dos movimientos: uno rotatorio con un pequeño ángulo de inclinación que favorece que el carbonato se desplace en su interior desde el punto de alimentación hasta la descarga, pasando por las diferentes zonas del horno y un movimiento de atrás hacia delante que favorece el desplazamiento de la carga. El horno tiene zonas en su interior que presentan funciones específicas, estas son:

Zona de los gases: Es la zona donde el carbonato se encuentra con los gases producto de la combustión del petróleo lo que posibilita el intercambio de calor entre ellos, favoreciendo su secado.

Zona de las cadenas: En esta zona se encuentran insertadas las cadenas cuyo objetivo es romper las aglomeraciones de carbonato, aumentar el área de intercambio de calor e impulsar el mineral, con esto se evita además la formación de piedras en el horno. La zona de las cadenas consta de siete aros, los cuales soportan las cadenas y están separados entre sí a una distancia de 1020 mm. Los aros 1, 2, 6 y 7 soportan 36 cadenas cada uno y los aros 3, 4 y 5 soportan 72 cadenas cada uno, el número total de cadenas es de 180 y están constituidas por 70 eslabones cada una, las cadenas están dispuestas de un aro a otro dejando un aro por medio.

Zona de calcinación: Después de pasar por las cadenas el carbonato continúa descendiendo por el interior del calcinador y penetran en el área de calcinación donde concluye el secado del carbonato y se efectúa la descomposición del mismo en NiO y CO₂.

Zona de enfriamiento: El NiO continúa desplazándose hacia la cámara de enfriamiento, la cual está formada por una doble pared con duchas exteriores a temperatura ambiente (no hay contacto directo del agua y el NiO). Al llegar a la descarga del horno, el NiO se ha enfriado hasta una temperatura de alrededor de 30 a 60°C y es transportado hasta las tolvas de almacenaje para su posterior utilización.

La distribución de las temperaturas se logra mediante un ventilador de tiro situado entre el sistema colector de polvo y la chimenea. El carbonato introducido por el extremo de alimentación viaja lentamente hacia la descarga del horno debido a la inclinación del mismo y al movimiento de rotación con una velocidad de 48 r.p.h. Después de atravesar todas las zonas mencionadas el carbonato de níquel se convierte en óxido de níquel, el cual se retira del horno por los orificios de la descarga. Los gases, producto de la combustión, son extraídos mediante el ventilador de tiro y el polvo que estos arrastran es recuperado por los ciclones y el electrofiltro y siendo luego recirculado a la alimentación del horno.

Efecto de la operación sobre la calidad del óxido de níquel

El estudio desarrollado sobre la variación de la densidad del óxido con la temperatura (Casanova, 1988) demuestra que este parámetro varía de acuerdo al régimen de temperatura al igual que con el medio que se esté trabajando, es decir, oxidante o reductor. Los análisis de los gases de salida permiten conocer si la combustión del petróleo es completa o incompleta y si se está trabajando en un medio reductor adecuado, ambas cuestiones inciden directamente sobre la calidad del óxido.

Si se detecta la presencia de monóxido de carbono, esto indica que la combustión del petróleo es incompleta y por tanto el óxido puede salir contaminado en azufre.

Si se detectan alto porcentaje de oxígeno, esto indica que el medio es muy oxidante y puede producirse un óxido polvoriento de baja densidad y con la posibilidad de estar contaminado con azufre.

Es por eso que se hace necesario trabajar con las temperaturas establecidas en las diferentes zonas del horno, al mismo tiempo que se lleve un estricto control de los análisis de los gases, para que los valores de los mismos se mantengan dentro de la norma establecida: 2,7 -2,85 g/cm³.

Temperatura en el horno, T3 (según tabla 1) – 480 – 560 °C.

Relación Petróleo/ aire – 13

Oxígeno 0,6 – 1,0 %

Densidad del NiO – 290 – 310 g/cm³

Contenido de azufre

Uno de los parámetros fundamentales a controlar es el contenido de azufre (S) en el óxido descargado; la calidad del petróleo empleado tiene marcada influencia

El petróleo regular o tecnológico se utiliza por su bajo contenido de azufre y baja viscosidad, hace más fácil la atomización del quemador del horno para que ocurra la combustión en presencia del aire primario.

La combustión incompleta se utiliza fundamentalmente para la producción de cantidades de gases reductores (CO y H₂) a partir de combustibles líquidos.

Conclusiones parciales

De acuerdo a los aspectos examinados en el capítulo, se puede afirmar que:

- La mayoría de los trabajos estudiados y revisados están encaminados a definir los aspectos técnicos que influyen sobre la operación de calcinación y las acciones correctivas a realizar, sin embargo es pobre el tratamiento de la calidad del óxido de níquel producto.
- Es necesario enfocar el tratamiento a las no conformidades del proceso de obtención de óxido de níquel con acciones preventivas para eliminar las reclamaciones de los clientes y sus consecuencias económicas.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis realizado a partir de los datos recopilados, desde un enfoque del sistema de Calidad, justifica y complementan el conocimiento acerca de la evaluación de las no conformidades en la calidad del producto final en la empresa Comandante René Ramos en el año 2011, para que se aplique una solución con métodos adecuados.

Características de la materia prima y materiales auxiliares

La materia prima utilizada en este proceso es el carbonato de níquel, el cual es un sólido de color verde, que tiene la siguiente composición:

Agua (H₂O) ≤ 66 %.

Hierro (Fe) ≤ 0,15 %.

Níquel + cobalto contenido en base seca (Ni+Co): 50 %.

Como materia prima auxiliar se utiliza el petróleo que tiene las siguientes características:

Azufre (S): 2 % máximo.

Densidad: 11,5 °API mínimo.

Valor calórico: 10 000 kcal/kg (18 000 BTU/lb) mínimo.

Sistema de muestreo del óxido de níquel calcinado

Antes de la descripción del procedimiento de muestreo es necesario incluir los términos y definiciones principales que se incluyen en esta.

Términos y definiciones

- **Lote:** Cantidad definida de óxido de níquel calcinado, acumulada y sometida a examen. El lote de óxido de níquel calcinado está constituido de 8 a 16 envases (big- bag) de 1500 kg neto cada uno
- **Unidad a muestrear:** Cantidad de óxido de níquel calcinado individualizado por el envase de exportación (big-bag) en que está contenido.
- **Muestra de laboratorio:** Muestra preparada para enviarse al laboratorio y ser inspeccionada o comprobada, que se obtiene por la reducción de la muestra del lote mediante trituración, pulverización, tamizado y homogenización de forma tal que sea representativa del lote.
- **Muestra final:** La que se forma por porciones iguales tomada de la muestra homogenizada.
- **Toma elemental:** Cantidad de óxido calcinado que se toma de una sola vez en cada unidad a muestrear.
- **Muestra de ensayo:** Muestra preparada, tomada de la muestra del laboratorio, y de la cual se obtendrán porciones para ensayos.
- **Porción para ensayos:** La cantidad de material retirado de la muestra de ensayo (o de la muestra de laboratorio, en caso de que ambos sean lo mismo), y sobre la cual se realiza en realidad la observación o comprobación.
- **Muestra testigo:** Una de las muestras finales que se conserva para la comprobación en caso de arbitraje de ser necesario.
- **Muestra representativa:** Muestra aleatoria que se toma del lote de forma tal que refleje la composición y características del producto.

Los datos que se manejan de la calidad del producto final y las no conformidades detectadas tienen relación directa con los métodos que se aplican para su determinación, a continuación se describe el método de muestreo de óxido de níquel calcinado para obtener una muestra representativa del lote, mediante la cual se definen las características del producto.

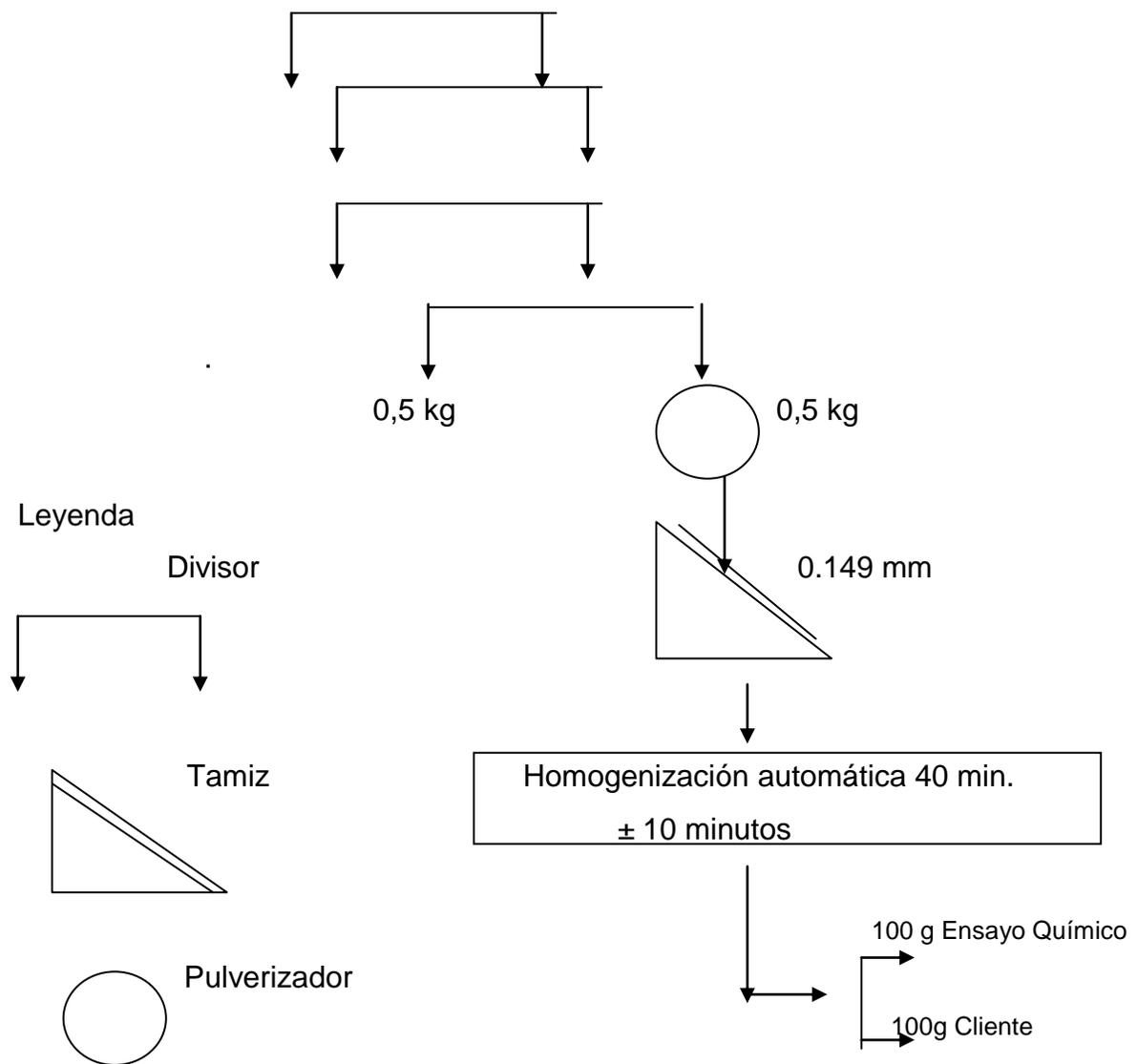
2.1.1. Procedimiento de muestreo

- Las muestras se toman en todos los envases que constituyen el lote.
- El muestreo se realiza manual. Las muestras se toman introduciendo la cuchara para muestrear en la corriente del material a la descarga del cintrón, durante el envase.
- Utilizando la cuchara se realizarán 10 tomas elementales en cada envase de aproximadamente 1,0 kg o 1,5 kg cada una, la cantidad de muestra a tomar del lote estará en correspondencia de acuerdo al número de big bag del lote.
- La toma elemental correspondiente a cada big bag, se depositan en tanques metálicos, los cuales se tapan para evitar contaminación y se identificaran, con el número del big bag que le corresponde, número de lote, fecha y turno.
- La muestra bruta del lote equivalente a la suma de todas las unidades que conforman el lote y donde una unidad es de aproximadamente de 10,0 kg a 15,0 kg, se tritura hasta una granulometría de 6 mm aproximadamente.
- Seguidamente se divide mediante divisiones sucesivas en un divisor de 20 ranuras y 10 mm de ancho, obteniéndose 2 muestras de aproximadamente de 0.5 kg. Una para análisis químico y la otra se desprecia.
- La muestra para análisis químico de aproximadamente 0,5 kg es pulverizada en un pulverizador de disco, hasta que todo el material pase por el tamiz de 0,149 mm.

- Luego se vierte en un cartucho y se homogeniza en el homogenizador automático durante 40 minutos \pm 10 minutos.
- De la muestra final se toman 2 muestras de 100 g, una para análisis químico y una para el cliente.
- La muestra para el cliente se envasa en un frasco plástico debidamente sellado e identificado con los siguientes datos:
 - a) Código.
 - b) Número del lote.
 - c) Logotipo de la Empresa.
- La muestra para el cliente es entregada por el muestrero al controlador de producto final y la muestra para análisis químico es entregada al analista en el cuarto de producto final.

Muestra bruta triturada (entre 10 kg y 15 Kg por unidad del lote).





Lote: 236

Código: ON- 236

Figura 1. Esquema del procedimiento de muestreo

Especificaciones del producto final

El producto terminado es el óxido de níquel granular que debe presentar las características químicas y físicas que se muestran en las tablas 2.1 y 2.2, respectivamente.

Tabla 2.1. Características químicas del óxido de níquel

Elementos	U/M	Valores límites,%	Métodos de Ensayos
Ni (Níquel)	%	75,5 a 77,5	NC 621. 1 2008
Co (Cobalto)	%	0,70 máx.	NC 621. 2 2008
Fe (Hierro)	%	0,50 máx.	NC 621. 2 2008
S (Azufre)	%	0,03 máx.	NC 621. 3 2008
C (Carbón)	%	0,05 máx.	NC 621. 3 2008

Tabla 2.2. Características físicas del óxido de níquel

Granulometría	Tamiz, mm	Retenido, %	Norma de empresa
	+ 2,36	50 mín.	NEIB 03-07-1
	2,36-0,149	20 mín.	
	0,149-0,074	5 mín.	
	- 0,074	2 mín.	
Densidad	285 – 300 g/cm ³		NEIB 03-07-4

2.4 Obtención y procesamiento de los datos para el trabajo

Para la realización de esta investigación fueron seleccionados los datos registrados en la Planta de Recuperación y Sinter de la Empresa “Comandante René Ramos Latour” durante el año 2011.

Los datos fueron tomados del Reporte Mensual Metalúrgico, Reporte diario de operaciones de la Planta y de Control de Calidad.

Tabla 2.1. Afectación de las no conformidades durante el año 2011

Meses	Cantidad de lotes producidos	Cantidad de lotes No conformes por % Ni	Cantidad de lotes No conformes por % Co	Cantidad de lotes No conformes por % Fe	Cantidad de lotes No conformes por % S	Cantidad de lotes No conformes por % C
Enero	32	15	12	6	0	0
Febrero	33	8	4	3	0	0
Marzo	40	8	3	4	0	0
Abril	34	4	2	4	0	0
Mayo	38	2	5	11	1	0
Junio	34	8	0	1	2	0
Julio	27	9	0	0	0	0
Agosto	42	11	0	0	1	0
Septiembre	25	1	0	3	1	0
Octubre	22	1	0	2	0	0
Noviembre	34	18	0	3	4	0
Diciembre	36	27	0	2	8	0
Total	397	111	26	37	17	0

Meses	Cantidad de lotes producidos	Cantidad de lotes No conformes por % Ni	Cantidad de lotes No conformes por % Co	Cantidad de lotes No conformes por % Fe	Cantidad de lotes No conformes por % S	Cantidad de lotes No conformes por % C
% que representa del total de lotes producidos		27,95	6,54	9,31	4,28	0

Partiendo de los datos que aparecen en el anexo 2, se calcula la incidencia de las desviaciones de calidad por cada componente químico que se produjo durante el año 2011, determinando las no conformidades por cada uno de estos conceptos, las cuales se muestran en la Tabla 2.1.

2.5. Conclusiones del Capítulo

En el presente capítulo quedó establecido el procedimiento de cálculo para las no conformidades en el óxido de níquel producido en el año 2011 en la empresa Comandante René Ramos Latour.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se presenta el análisis de las interacciones realizadas y se muestran los principales resultados de la investigación.

Análisis de los datos del proceso

En los gráficos y tablas que se muestran a continuación se ilustra el comportamiento durante el año 2011 de las no conformidades, con respecto a la composición química del producto final, en este caso, óxido de níquel calcinado. También se muestran la cantidad de lotes producidos en cada mes y se calcula la incidencia anual

3.1.1. Análisis del porcentaje de cobalto en el óxido calcinado

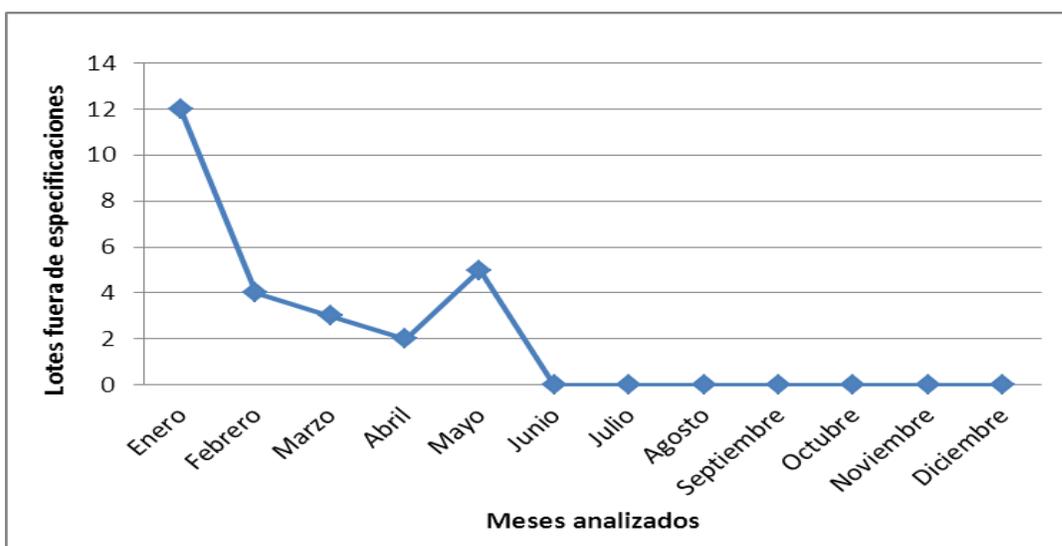


Figura 1. Cantidad de lotes fuera de especificaciones por alto porcentaje de cobalto

En la figura 1 se refleja el comportamiento del porcentaje de cobalto en el producto final, se observa como tendencia la disminución de esta no conformidad llegando a cero en el último semestre.

Este comportamiento se corresponde con el control estricto en la precipitación de cobalto en la Planta de Lixiviación - Cobalto, luego de cambios y estabilización en el proceso, garantizándose la calidad del licor producto que se destila y por tanto del carbonato básico de níquel que entra al horno de calcinación, para lograr los requisitos pactados con el cliente

En este caso las medidas operativas y de control para evitar la no conformidad han sido aplicadas correctamente lo que fortalece el criterio de un tratamiento eficaz de las no conformidades, con la aplicación de acciones correctivas y preventivas, que han propiciado el mantenimiento de la mejora de este requisito en el producto.

3.1.2. Análisis del porcentaje de níquel en el óxido calcinado

Es el alto porcentaje de níquel es el aspecto que mas no conformidades ha generado, aproximadamente el 28%, resaltando que ha sido durante todo el año, mejorando a partir del cambio de carta tecnológica en septiembre, sin embargo se eleva bruscamente en el último mes del año.

Entre las causas del alto níquel se encuentra la alta metalización dentro del horno calcinador, reproceso inadecuado, y baja carga que implica metalización.

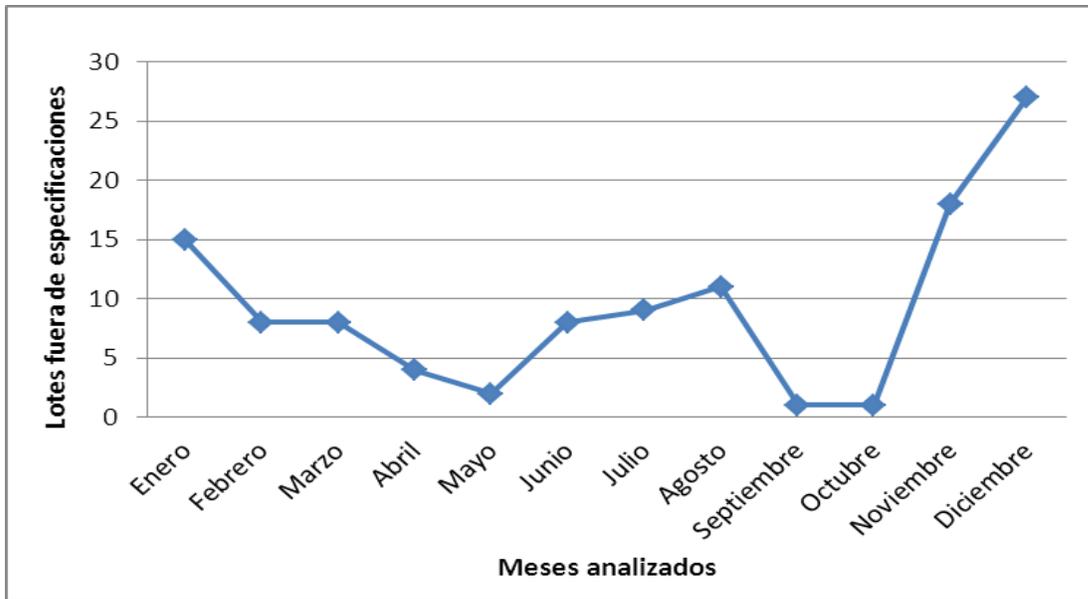


Figura 2. Cantidad de lotes fuera de especificaciones por alto porcentaje de níquel

Analizando los reportes operativos se constata que se ha estado realizando un reproceso exagerado y desproporcionado de óxido, sin existir las condiciones en la operación para hacerlo, al haber poca carga por correa.

La operación de envío de la pulpa de carbonato hacia el sedimentador tiene que hacerse a través de la caja distribuidora, que tiene la función de recibir esta pulpa, adecuar la velocidad y presión de bombeo, permitiendo luego la caída de la misma por gravedad hacia el interior del gibe y de ahí al sedimentador, que con el mecanismo de rotación, brazos y dientes o rastrillos, acumulan la misma en el fondo, trasladándola hacia el cono. De esta forma se evita incremento de sólidos en suspensión, acumulando mejor densidad en el fondo, beneficiando la carga al calcinador y que sea estable.

3.1.3. Análisis del porcentaje de hierro en el óxido calcinado

En el análisis detallado de la incidencia del % de hierro en las nos conformidades (cerca del 10%), encontramos que la dosificación al calcinador de materia con elevado contenido de hierro y otras impurezas es la causa fundamental de esta alteración en la calidad.

Se destaca el mes de mayo donde se realiza una importante incorporación de carbonato del patio, posiblemente contaminado que afecta sensiblemente el % de hierro en el producto final, esto sumado a periodos de alta carga trae esta consecuencia funesta para la calidad .

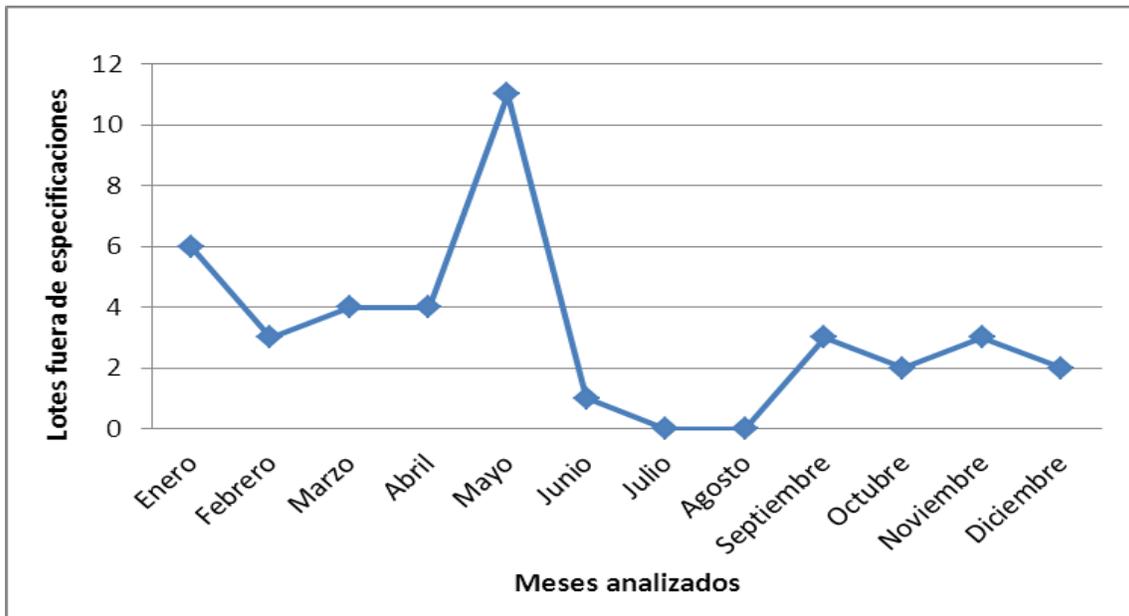


Figura 3. Cantidad de lotes fuera de especificaciones por alto porcentaje de hierro

3.1.4. Análisis del porcentaje de azufre en el óxido calcinado

Una combinación de la variación de la carga al horno, con inadecuada combustión ha producido las no conformidades en los lotes producidos. Si la combustión del petróleo es completa o incompleta y si se está trabajando en un medio reductor adecuado, ambas cuestiones inciden directamente sobre la calidad del óxido.

Si se detecta la presencia de monóxido de carbono, esto indica que la combustión del petróleo es incompleta y por tanto el óxido puede salir contaminado en azufre. Si se detectan alto porcentaje de oxígeno, esto indica que el medio es muy oxidante y puede producirse un óxido pulverulento de baja densidad y con la posibilidad de estar contaminado con azufre.

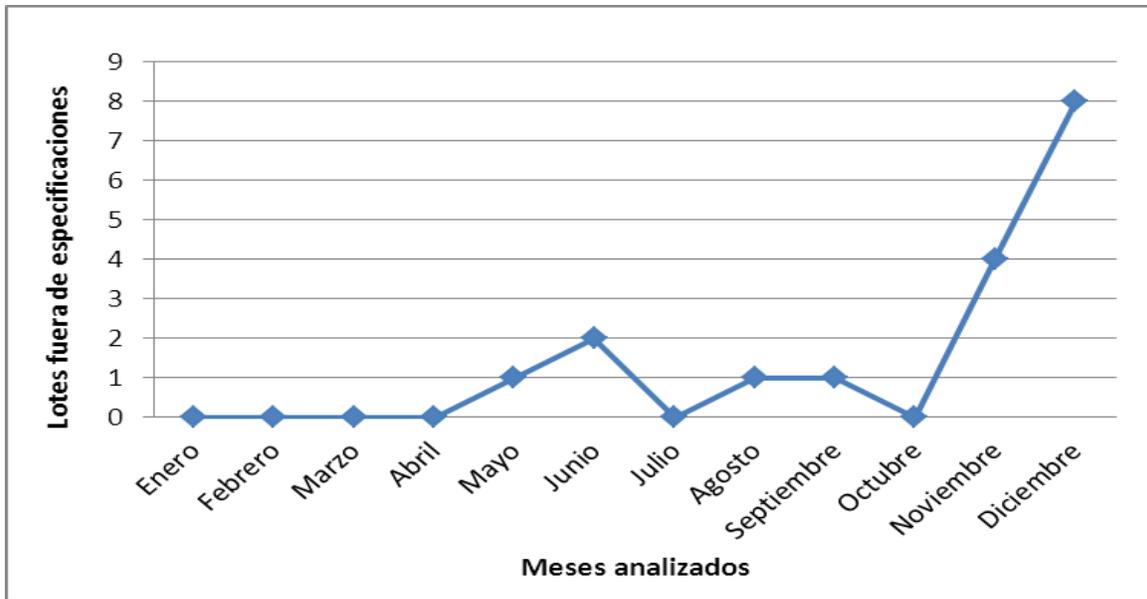


Figura 4. Cantidad de lotes fuera de especificaciones por alto porcentaje de azufre

3.1.5. Análisis de la granulometría en el óxido calcinado

En el caso de la granulometría fue necesario modificar la instalación, ya que el óxido calcinado presentaba dificultades al ser sinterizado en la Che Guevara y de esta manera se logra satisfacer las exigencias del cliente.

La modificación consiste en el cambio de la malla de tamizado en la zaranda o criba vibratoria, de 6,35 mm a 5,0 mm garantizando una granulometría menos gruesa cumpliendo con el protocolo establecido.

El proceso queda de la siguiente manera: el óxido que descarga el calcinador pasa al sistema de molienda primaria y luego es descargado en un elevador que alimenta una criba vibratoria, donde el óxido retenido en la parte superior de la malla (partículas gruesas) se recircula a la molienda primaria y el que pasa por la criba es almacenado en tolvas para luego ser muestreado y envasado.

3.1.6. Analisis del porcentaje de carbòn

En el caso del analisis del contenido de carbòn, aparece a partir de la peticion del cliente: la empresa Comandante Che Guevara, utilizado como control de entradas en el proceso de sinterizacion. Esta es una especificacion que no tuvo alteraciones durante el año.

Causas de las no conformidades y medidas correctivas aplicadas

Cuando se analizan las no conformidades: **alto contenido de niquel, cobalto y azufre en la composicion quimica del òxido de niquel**, que se refleja en el informe de Producto Final no conforme, R-02/UEBT-C-PC-10, ver Anexo 2, encontramos:

Causas de la No Conformidad:

- Alta metalización durante la calcinación así como una baja precipitación del cobalto en la planta de lixiviación.
- Anillamiento del Calcinador.
- Reproceso de piedras de óxido molidas por el Elevador - 8.
- Problemas en los instrumentos de control para la operación del calcinador

Acciones Correctivas:

A partir de septiembre del año 2011 se tomaron medidas operativas que mejoraron la calidad del óxido pero no solucionaron el problema de las no conformidades, estas acciones correctivas son:

- Estabilizar valores de la humedad del carbonato alimentado al horno de calcinación.
- Ajuste de la combustión, mejorar la relación petróleo/aire en el quemador.
- Estabilizar carga de alimentación de carbonato.
- Ajustes mecánicos en la zona de la camisa del horno.
- Clasificación y molienda del óxido.
- Mejorar el chequeo y control de la densidad del óxido de níquel así como las características fisicoquímicas del mismo.

- Las piedras que descargue el Calcinador se molerán y se reprocesarán por la correa de carbonato con el objetivo de eliminar el azufre producto a la alta mentalización.
- No se alimentará al elevador E-8 piedras molidas ni otro óxido de níquel que no cumpla con las características de calidad requeridas.
- Elaboración de una carta extraordinaria estableciendo perfiles de control nuevos para la operación del calcinador.

Se hace evidente que las medidas correctivas tomadas no resuelven totalmente la problemática, solamente disminuye la afectación por un tiempo y luego reaparecen las No conformidades.

Entre una acción correctiva y una acción preventiva hay una diferencia clara, la primera es la acción que tomamos para eliminar las causas que ha producido la no conformidad, mientras que la acción preventiva busca eliminar las causas que pueda producir una no conformidad.

Asimismo podríamos establecer otra diferencia entre acción correctiva y corrección. La primera elimina la causa que ha producido la No Conformidad, la segunda elimina la no conformidad detectada.

Propuesta para el tratamiento de las no conformidades en el producto final

La Calidad debe observarse como un proceso por las siguientes razones:

1. Los requisitos de los clientes cada vez son más cambiantes.
2. Cada día, la empresa necesita desarrollar más las habilidades de su personal, crear nueva información y mejorar continuamente los productos y servicios que ofrece en base en un mayor conocimiento.
3. La empresa deberá orientarse a crear el ambiente necesario, donde cada trabajador busque siempre la mejora continua de sus tareas.
4. Los procesos productivos, también son susceptibles de ser mejorados continuamente.

En la actualidad se realiza el análisis de las causas, proponemos que se utilice la herramienta del **Por qué continuado** y continuar empleando Diagramas de Ishikawa.

Una vez identificadas las causas raíz se debe planear acciones que eviten la reincidencia o prevengan que se produzcan no conformidades y para evitar la repetición de la no conformidad.

El próximo paso será **la verificación de las acciones ejecutadas** y para cerrar un **análisis crítico de la eficacia de las acciones ejecutadas**, que incluyen la verificación, estandarización y comunicación para analizar si las acciones fueron apropiadas a la magnitud de las no conformidades reales o potenciales detectadas y a sus impactos, evitando su repetición y/o que se produzcan; Indicando el cierre de la no conformidad, como se evidencia para el contenido de cobalto.

Si la empresa desea **mejorar**, el primer paso es identificar lo que no se está haciendo bien, y generar un proceso de **aprendizaje** que permita utilizar esta información para detectar, analizar y eliminar las **causas** que provocan los problemas. Corregir las no conformidades está muy bien, pero eliminar las causas que las provocan es aún **mejor**.

Proponemos aplicar buenas prácticas, o sea, un conjunto de acciones que se desarrollan de modo continuo, con control de su eficacia (capacidad de obtener el resultado buscado), pero con expectativas de eficiencia (lograr lo deseado con la mejor relación recursos – resultados obtenidos); sostenible porque cuenta con la estructura económica, organizativa y técnica que hace posible su práctica de forma sistemática y flexible porque se adapta a las necesidades, finalmente realizadas por el personal del área de calcinación de la empresa Comandante René Ramos Latour.

Las buenas prácticas, como la calidad, no es cuestión de otros, es de todos, pero esencialmente la dirección debe liderar estos proceso, impulsarlos y respaldarlos permanentemente desde el ejemplo y la implicación. La dirección debe evidenciar su compromiso con la aplicación de las mismas.

Buenas prácticas recomendadas:

- **Supervisión y seguimiento del proceso**

Establecer: Correctas orientaciones en el Libro de órdenes, recorrido y estancia en cada área de trabajo, seguimiento de la operación de los trabajos de mantenimiento; entrega de un turno a otro y de un operador a otro, con el rigor del cumplimiento de los parámetros de operación.

- **Competencia laboral individual y reconocimiento a la tarea cumplida.**

Estas buenas prácticas debidamente documentadas pueden servir de referente a la Empresa Che Guevara.

CONCLUSIONES

Luego del análisis de la incidencia de las no conformidades en la calidad del producto final de la sección de calcinación en la Planta de Recuperación y Sinter se concluye que:

- Durante el año 2011 la empresa presenta un considerable número de no conformidades por la calidad del producto final, el 27,95 % por alto níquel, 6,54 % por alto cobalto, 4,28 por alto azufre y 9,31 % por alto hierro. Mientras el porcentaje de carbón y la granulometría no presentan desviaciones.
- En el caso del cobalto las medidas operativas y de control para evitar la no conformidad han sido aplicadas correctamente a partir de junio, lo que fortalece el criterio de un tratamiento eficaz de las no conformidades, con la aplicación de acciones correctivas y preventivas.
- Se tienen definidos los procesos y procedimientos para el caso de aparecer no conformidades, sin embargo la implementación de los mismos no es correcta ya que se fijan acciones correctivas que no son debidamente supervisadas y las no conformidades persisten.

RECOMENDACIONES

1. Una vez conocidas las causas que provocan las no conformidades, enfocar su eliminación con las acciones correctivas propuestas, con un alto grado de supervisión para comprobar y lograr su efectividad.
2. Generalizar la aplicación de acciones preventivas en los procesos para garantizar la no repetición de las no conformidades una vez que estas sean erradicadas.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, A. et al. 2001. Desviaciones del régimen tecnológico en la Planta de Recuperación - Sinter. Informe al Consejo Técnico Asesor

ACOSTA, A. et al. 2009. Revisión del Sistema de Gestión de calidad, Empresa Comandante René Ramos Latour.

CABALLERO, E. 2009. Estudio de la calidad del óxido de níquel. Informe en Técnico Biblioteca de la empresa René Ramos Latour

CASANOVA, G. 1988. Determinación de la relación existente entre la densidad y la granulometría del óxido de níquel. Informe Técnico en Biblioteca de la empresa René Ramos Latour

CASTELLANOS, J. 1974. Metalurgia extractiva de los minerales oxidados de Níquel, La Habana.

CHANG, A.R, I.A. YUZHANINOV, 1997. Cálculo de los principales procesos en los hornos metalúrgicos, 250 pp., Ed. Félix Varela, La Habana.

COLECTIVO DE AUTORES. 2003. Operaciones unitarias para operadores de planta. Departamento de Metalurgia, ISMM.

CROSBY, P. B. 1992. La Calidad no cuesta: El arte de cerciorarse de la Calidad. Mcgraw-Hill. México.

DAUBENSPECK, J. 1955. Study of NiO calcination requirement. Informe Técnico. Biblioteca de la empresa René Ramos Latour

DIAZ, R. 1966. Muestreo de los lotes de óxido. Informe en Técnico Biblioteca de la empresa René Ramos Latour.

DURAN, R. 2009. Categorías de las no conformidades. Boletín de calidad & Gestión. Edición 41.

ESTEVEZ, O. et al. 1990. Mejoras en la calidad del óxido de níquel. Informe en Técnico Biblioteca de la empresa René Ramos Latour.

GONZALEZ, H. 2010. Estudio de consultoría de calidad y gestión. Universidad Autónoma de México. .

ISO 10001:2007. Gestión de la calidad — Satisfacción del cliente — Directrices para los códigos de conducta de las organizaciones

ISO 10002:2004. Sistemas de gestión de la calidad — Satisfacción del cliente — Directrices para el tratamiento de las quejas en las organizaciones

ISO 9000: 2008. Sistema de gestión de la calidad. Fundamentos y Vocabulario. En: <http://www.iso.ch> Consulta 20/03/2013.

ISO 9001: 2008. Sistema de gestión de la calidad. Requisitos. En: <http://www.iso.org>. Consulta 20/03/2013

MARTIN, M. 1992. Calcinación del óxido de níquel en polvo en atmósfera oxidante. Informe Técnico. Biblioteca de la empresa René Ramos Latour

MARTIN, M. et al. 1990. Incremento de la calidad de los productos finales actuales de la tecnología carbonato amoniacal. Informe Técnico .Biblioteca de la empresa René Ramos Latour

MARTIN, Y. et al. 1973. Prueba operativa de horno de calcinación No 2. Informe Técnico .Biblioteca de la empresa René Ramos Latour

NC 1:2005. Reglas para la estructura, redacción y edición de las normas cubanas y otros documentos normativos.

NC 2859-0: 2000. Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos.

NC 44 -29- 1986. Minerales. Oxido de níquel Nodular. Muestreo.

NC 700: 2009. Envase y embalaje. Términos y definiciones.

Norma de empresa NEIB 03-07-11. Muestreo Oxido de níquel calcinado

PERRY, R. y CHILTON, C. 1985. Chemical engineers Handbook, TI, Edición Revolucionaria, La Habana.

RODRIGUEZ, C. 1983. Informe sobre la identificación del óxido de níquel. Informe Técnico. Centro de Investigaciones del Níquel, Nicaro.

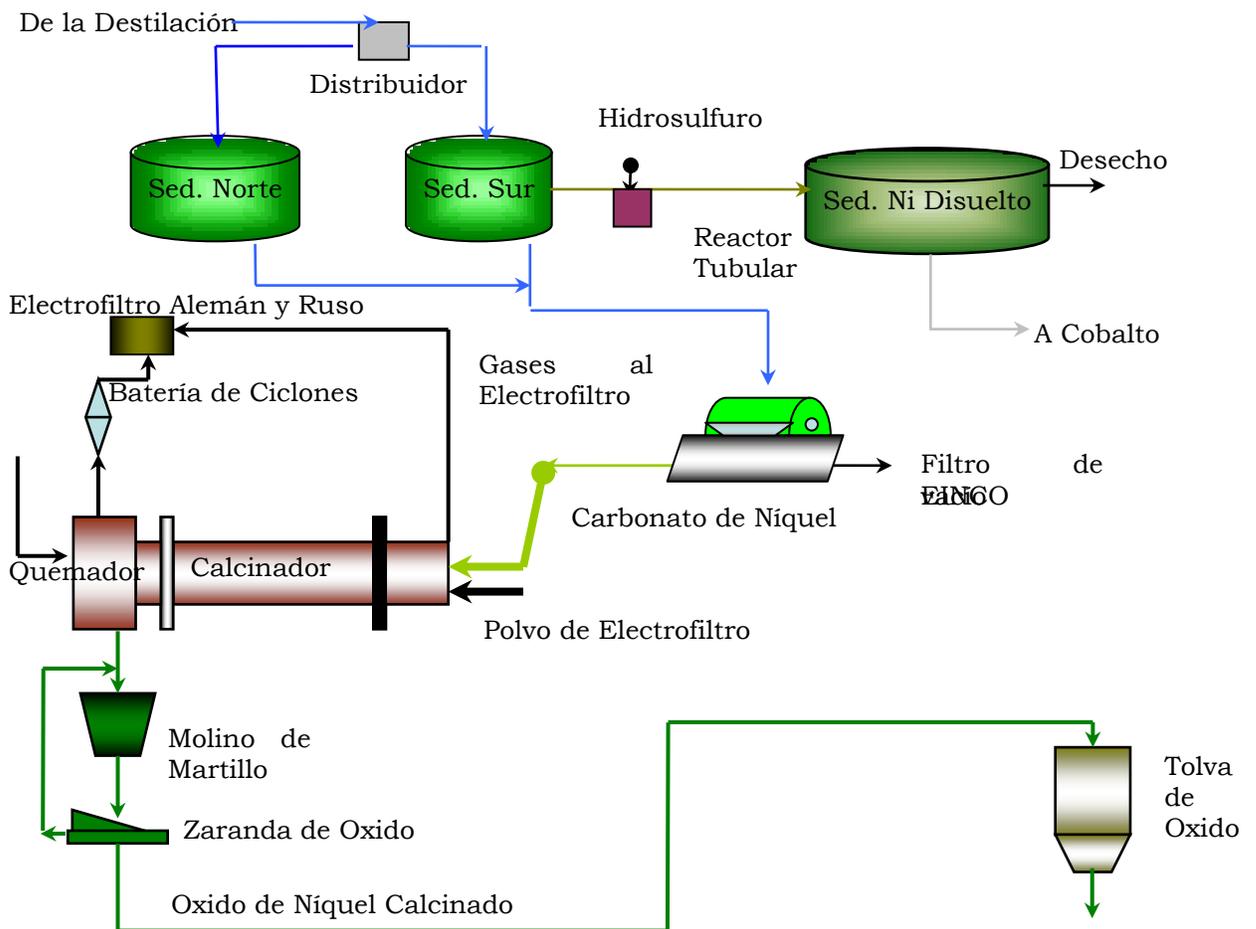
ROMERO, R. 1991. Determinación del calor de disociación del carbonato básico de níquel, en el proceso de calcinación. Informe Técnico. Centro de Investigaciones del Níquel, Nicaro.

SANTIESTEBAN, E. 2002. Operación de los hornos de calcinación. Control de la operación. Informe Técnico .Biblioteca de la empresa René Ramos Latour

SILVA, I. 1996. Densidad del óxido calcinado. Informe Técnico .Biblioteca de la empresa René Ramos Latour.

ANEXOS

ANEXO 1. Flujo Tecnológico de la Planta de calcinación



Anexo 2. Calidad de los lotes por meses. Año 2011

ENERO LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	79,78	0,81	0,29	0,000	0,014
2	77,37	0,72	0,15	0,000	0,009
3	79,78	0,81	0,29	0,000	0,014
4	76,70	0,60	0,27	0,000	0,015
5	79,25	0,55	0,25	0,000	0,024
6	77,49	0,72	0,67	0,000	0,017
7	77,18	0,73	0,70	0,000	0,020
8	79,25	0,71	0,28	0,000	0,022
9	78,32	0,68	0,21	0,000	0,035
10	79,57	0,75	0,31	0,002	0,024
11	79,11	0,94	0,36	0,000	0,023
12	76,80	0,92	0,34	0,000	0,019
13	76,64	0,85	0,31	0,000	0,026
14	77,43	0,86	0,27	0,001	0,019

15	78,37	0,92	0,34	0,001	0,021
16	78,37	0,89	0,28	0,001	0,020
17	78,38	0,84	0,24	0,015	0,024
18	76,07	0,72	0,56	0,002	0,022
19	76,11	0,84	0,60	0,000	0,021
20	76,66	0,69	0,22	0,000	0,019
21	77,21	0,76	0,27	0,000	0,014
22	78,45	0,89	0,23	0,000	0,011
23	79,01	0,78	0,25	0,002	0,016
24	78,05	0,77	0,31	0,005	0,041
25	80,79	0,79	0,95	0,033	0,021
26	76,12	0,77	0,53	0,000	0,016
27	77,27	0,65	0,36	0,000	0,017
28	77,00	0,66	0,38	0,003	0,018
29	79,28	0,78	0,38	0,007	0,023
30	75,73	0,72	0,78	0,000	0,024

31	76,32	0,64	0,40	0,001	0,017
32	76,18	0,61	0,37	0,000	0,023
	No conformes:15	No conformes:12	No conformes: 6	No conformes: 0	No conformes:0
FEBRERO LOTE	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	77,80	0,69	0,24	0,000	0,011
2	77,37	0,70	0,38	0,000	0,019
3	76,31	0,70	0,31	0,002	0,028
4	77,56	0,64	0,31	0,000	0,018
5	77,93	0,70	0,35	0,000	0,011
6	79,93	0,61	0,26	0,000	0,016
7	77,56	0,69	0,41	0,000	0,011
8	79,21	0,62	0,45	0,000	0,011
9	78,01	0,70	0,40	0,000	0,015
10	78,57	0,67	0,41	0,003	0,007
11	77,17	0,62	0,50	0,002	0,005
12	77,43	0,60	0,42	0,000	0,000
13	77,21	0,66	0,32	0,000	0,009
14	77,29	0,64	0,26	0,000	0,000
15	76,62	0,66	0,26	0,000	0,000

16	76,70	0,61	0,47	0,000	0,007
17	73,97	0,44	0,58	0,006	0,01
18	75,44	0,40	0,43	0,007	0,007
19	75,89	0,44	0,50	0,004	0,021
20	76,14	0,41	0,50	0,002	0,002
21	75,90	0,47	0,48	0,003	0,018
22	74,68	0,43	0,61	0,003	0,028
23	75,60	0,40	0,67	0,004	0,009
24	76,64	0,77	9,49	0,004	0,010
25	77,34	0,78	0,37	0,003	0,002
26	75,32	0,79	0,61	0,002	0,004
27	74,61	0,73	0,26	0,002	0,006
28	75,96	0,63	0,45	0,002	0,007
29	75,55	0,63	0,77	0,002	0,011
30	74,13	0,55	1,73	0,005	0,003
31	75,20	0,45	1,06	0,006	0,046
32	77,26	0,49	1,02	0,001	0,033
33	76,99	0,54	0,29	0,007	0,001
	No conformes:8	No conformes:4	No conformes: 3	No conformes:0	No conformes:0
MARZO LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C

1	78,49	0,86	0,46	0,008	0,011
2	77,44	0,92	0,46	0,007	0,005
3	76,13	0,81	0,99	0,000	0,004
4	79,53	0,65	0,25	0,000	0,009
5	78,36	0,65	0,27	0,000	0,016
6	77,22	0,59	0,21	0,000	0,005
7	78,50	0,68	0,31	0,008	0,020
8	78,71	0,66	0,50	0,000	0,010
9	76,81	0,69	0,56	0,001	0,013
10	79,85	0,68	0,36	0,008	0,010
11	76,93	0,60	0,21	0,005	0,000
12	78,54	0,67	0,28	0,015	0,013
13	77,10	0,57	0,41	0,005	0,007
14	77,42	0,49	0,26	0,004	0,015
15	76,68	0,52	0,21	0,002	0,022
16	77,15	0,47	0,16	0,003	0,017
17	76,84	0,38	0,33	0,008	0,033
18	76,74	0,41	0,30	0,005	0,019
19	76,36	0,41	0,58	0,004	0,006
20	76,94	0,35	0,54	0,009	0,041

21	75,71	0,41	0,43	0,004	0,020
22	75,82	0,32	0,62	0,003	0,009
23	76,41	0,31	0,21	0,004	0,008
24	77,06	0,31	0,23	0,003	0,011
25	77,16	0,27	0,25	0,003	0,003
26	76,52	0,31	0,53	0,002	0,020
27	76,30	0,42	0,48	0,003	0,002
28	77,39	0,50	0,44	0,004	0,015
29	77,64	0,56	0,42	0,003	0,015
30	76,47	0,45	0,63	0,003	0,011
31	76,91	0,36	0,50	0,003	0,016
32	76,53	0,37	0,31	0,003	0,010
33	75,95	0,62	0,48	0,002	0,003
34	76,32	0,47	0,39	0,003	0,000
35	76,66	0,40	0,17	0,000	0,002
36	76,60	0,49	0,32	0,004	0,044
37	76,25	0,33	0,45	0,003	0,018
38	76,86	0,29	0,20	0,002	0,013
39	77,19	0,30	0,15	0,003	0,018
40	76,77	0,21	0,19	0,003	0,011

	No conformes:8	No conformes:3	No conformes: 4	No conformes:0	No conformes:0
ABRIL LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	75,92	0,63	0,44	0,006	0,011
2	76,50	0,73	0,36	0,006	0,000
3	76,16	0,78	0,31	0,005	0,019
4	77,11	0,68	0,30	0,003	0,014
5	77,50	0,60	0,10	0,004	0,012
6	78,15	0,49	0,50	0,006	0,002
7	75,07	0,69	0,16	0,007	0,016
8	73,05	0,54	0,81	0,019	0,013
9	78,05	0,59	0,50	0,008	0,031
10	74,97	0,52	0,48	0,115	3,658
11	72,42	0,47	0,85	0,086	0,335
12	78,82	0,46	0,40	0,018	0,035
13	80,11	0,41	0,30	0,007	0,019
14	77,34	0,65	0,29	0,006	0,006
15	76,92	0,42	0,29	0,007	0,022
16	77,36	0,42	0,21	0,006	0,014
17	76,69	0,49	0,20	0,005	0,021
18	76,21	0,42	0,36	0,006	0,022

19	76,19	0,60	0,43	0,006	0,010
20	76,44	0,51	0,31	0,005	0,027
21	76,63	0,43	0,23	0,004	0,016
22	76,32	0,56	0,18	0,003	0,015
23	75,75	0,60	0,42	0,004	0,014
24	76,79	0,49	0,18	0,003	0,016
25	75,65	0,57	0,50	0,005	0,019
26	76,00	0,64	0,28	0,003	0,009
27	75,62	0,70	0,42	0,002	0,006
28	75,59	0,57	0,60	0,002	0,019
29	76,83	0,43	0,25	0,002	0,016
30	75,06	0,44	0,80	0,002	0,004
31	76,30	0,59	0,38	0,024	0,018
32	76,09	0,60	0,15	0,004	0,001
33	71,68	0,69	0,43	0,007	0,014
34	77,25	0,69	0,37	0,005	0,011
	No conformes:4	No conformes:2	No conformes: 4	No conformes:0	No conformes:0
MAYO LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	75,11	0,51	0,58	0,007	0,015
2	75,66	0,87	0,39	0,311	0,012

3	75,48	0,72	0,30	0,002	0,017
4	74,95	0,73	0,77	0,003	0,025
5	75,54	0,65	0,50	0,005	0,009
6	75,52	0,58	0,42	0,004	0,019
7	77,81	0,46	0,50	0,073	0,017
8	75,67	0,49	0,45	0,003	0,007
9	76,20	0,43	0,37	0,001	0,010
10	76,20	0,38	0,27	0,002	0,014
11	76,09	0,41	0,43	0,002	0,014
12	77,09	0,38	0,27	0,003	0,022
13	76,15	0,34	0,28	0,005	0,026
14	75,65	0,36	0,43	0,004	0,019
15	74,98	0,41	0,74	0,004	0,025
16	75,53	0,41	0,48	0,005	0,014
17	75,51	0,79	0,30	0,006	0,019
18	75,24	0,66	0,90	0,013	0,021
19	74,30	0,66	1,47	0,003	0,005
20	78,23	0,51	0,43	0,003	0,005
21	75,58	0,75	0,38	0,006	0,036
22	75,83	0,63	0,36	0,008	0,009

23	76,53	0,49	0,40	0,003	0,000
24	76,26	0,48	0,42	0,004	0,000
25	75,80	0,58	0,59	0,004	0,019
26	76,97	0,58	0,35	0,003	0,014
27	76,24	0,59	1,00	0,008	0,031
28	76,34	0,56	0,72	0,008	0,010
29	75,10	0,58	1,17	0,005	0,003
30	77,21	0,56	0,48	0,006	0,014
31	76,94	0,55	0,33	0,006	0,019
32	76,30	0,73	0,45	0,006	0,003
33	75,95	0,61	0,97	0,010	0,036
34	77,14	0,67	0,49	0,007	0,007
35	77,27	0,65	0,75	0,004	0,015
36	74,96	0,69	1,07	0,005	0,003
37	76,21	0,66	0,40	0,005	0,006
38	76,49	0,65	0,44	0,009	0,006
	No conformes: 2	No conformes:5	No conformes: 11	No conformes:1	No conformes:0
JUNIO LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	74,61	0,70	0,49	0,005	0,004
2	74,89	0,70	0,45	0,005	0,004

3	76,07	0,61	0,49	0,004	0,000
4	76,66	0,44	0,23	0,003	0,007
5	77,88	0,57	0,51	0,003	0,000
6	76,40	0,44	0,25	0,004	0,001
7	78,85	0,70	0,44	0,007	0,003
8	76,47	0,59	0,33	0,006	0,003
9	76,20	0,63	0,42	0,007	0,001
10	75,58	0,67	0,47	0,006	0,008
11	75,71	0,64	0,63	0,004	0,000
12	76,92	0,68	0,41	0,004	0,007
13	75,71	0,66	0,95	0,004	0,003
14	75,15	0,68	0,45	0,004	0,004
15	76,55	0,64	0,40	0,021	0,002
16	78,87	0,68	0,50	0,009	0,000
17	78,34	0,63	0,42	0,012	0,000
18	78,73	0,57	0,46	0,005	0,003
19	75,51	0,61	0,47	0,370	0,009
20	74,39	0,55	0,28	0,370	0,001
21	76,82	0,65	0,20	0,005	0,002
22	77,99	0,67	0,28	0,004	0,002

23	76,51	0,60	0,30	0,003	0,026
24	77,94	0,49	0,46	0,003	0,015
25	75,03	0,53	0,46	0,003	0,001
26	75,87	0,57	0,48	0,004	0,001
27	75,58	0,52	0,47	0,005	0,000
28	75,12	0,60	0,49	0,004	0,000
29	76,14	0,53	0,44	0,030	0,000
30	77,79	0,51	0,46	0,020	0,009
31	75,85	0,45	0,50	0,008	0,002
32	76,63	0,45	0,41	0,007	0,006
33	74,87	0,49	0,42	0,005	0,002
34	76,34	0,61	0,13	0,006	0,002
	No conformes: 8	No conformes:0	No conformes: 1	No conformes: 2	No conformes:0
JULIO LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	75,94	0,51	0,4 0	0,007	0,001
2	77,19	0,52	0,39	0,004	0,000
3	76,68	0,56	0,33	0,005	0,000
4	76,44	0,55	0,39	0,002	0,005
5	75,76	0,53	0,28	0,002	0,014
6	76,50	0,59	0,27	0,000	0,006

7	76,15	0,47	0,28	0,003	0,059
8	76,02	0,45	0,23	0,008	0,012
9	76,12	0,51	0,42	0,006	0,018
10	78,49	0,51	0,50	0,033	0,012
11	75,51	0,46	0,18	0,003	0,003
12	76,40	0,53	0,50	0,010	0,022
13	77,90	0,57	0,50	0,013	0,011
14	77,91	0,59	0,22	0,006	0,025
15	82,94	0,66	0,45	0,008	0,017
16	79,91	0,58	0,35	0,008	0,014
17	77,72	0,55	0,34	0,008	0,019
18	76,70	0,63	0,30	0,007	0,012
19	78,39	0,52	0,22	0,012	0,011
20	77,51	0,45	0,22	0,008	0,030
21	77,06	0,44	0,10	0,006	0,018
22	78,34	0,45	0,16	0,008	0,002
23	78,72	0,53	0,17	0,006	0,003
24	76,82	0,55	0,12	0,007	0,012
25	77,13	0,45	0,14	0,000	0,000
26	76,71	0,43	0,13	0,000	0,000

27	77,88	0,32	0,23	0,006	0,009
	No conformes:9	No conformes:0	No conformes: 0	No conformes:0	No conformes:0
AGOSTO LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	78,38	0,70	0,14	0,000	0,000
2	77,14	0,35	0,10	0,000	0,001
3	78,21	0,40	0,13	0,008	0,009
4	79,35	0,33	0,19	0,007	0,009
5	77,60	0,38	0,18	0,009	0,016
6	77,23	0,38	0,11	0,007	0,007
7	78,06	0,34	0,27	0,008	0,012
8	76,65	0,45	0,36	0,007	0,005
9	76,37	0,42	0,50	0,000	0,002
10	76,30	0,45	0,22	0,006	0,009
11	78,04	0,42	0,14	0,006	0,004
12	75,69	0,39	0,32	0,006	0,009
13	78,70	0,36	0,16	0,001	0,002
14	77,53	0,34	0,42	0,001	0,013
15	76,91	0,34	0,18	0,006	0,003
16	76,60	0,44	0,43	0,01	0,004
17	76,66	0,39	0,38	0,000	0,000

18	75,72	0,43	0,45	0,000	0,001
19	75,76	0,42	0,41	0,000	0,001
20	78,98	0,29	0,33	0,008	0,002
21	76,26	0,34	0,41	0,003	0,001
22	78,66	0,38	0,20	0,001	0,002
23	77,14	0,40	0,22	0,000	0,007
24	78,21	0,39	0,38	0,008	0,007
25	78,04	0,40	0,50	0,009	0,007
26	79,05	0,47	0,50	0,027	0,015
27	77,47	0,46	0,22	0,008	0,008
28	77,46	0,40	0,23	0,031	0,010
29	77,21	0,34	0,18	0,020	0,017
30	75,77	0,31	0,19	0,002	0,000
31	76,52	0,30	0,22	0,000	0,000
32	77,18	0,28	0,32	0,004	0,000
33	77,46	0,31	0,24	0,005	0,001
34	76,43	0,45	0,24	0,008	0,011
35	77,28	0,31	0,36	0,020	0,006
36	77,50	0,31	0,36	0,014	0,003
37	76,40	0,57	0,29	0,002	0,003

38	77,30	0,26	0,17	0,000	0,000
39	76,90	0,26	0,34	0,530	0,000
40	76,53	0,18	0,22	0,000	0,000
41	77,00	0,21	0,14	0,000	0,000
42	77,03	0,37	0,14	0,004	0,024
	No conformes: 1	No conformes:0	No conformes: 0	No conformes: 1	No conformes:0
SEPTIEMBRE LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	76,94	0,43	0,20	0,005	0,008
2	76,74	0,42	0,20	0,006	0,017
3	76,70	0,42	0,19	0,000	0,000
4	78,04	0,40	0,37	0,000	0,000
5	76,96	0,39	0,22	0,005	0,007
6	76,56	0,37	0,28	0,006	0,006
7	76,37	0,43	0,61	0,000	0,021
8	77,02	0,33	0,34	0,000	0,009
9	76,10	0,29	0,56	0,000	0,005
10	75,78	0,31	0,45	0,000	0,021
11	75,78	0,31	0,45	0,000	0,021
12	76,47	0,33	0,32	0,000	0,010
13	77,19	0,26	0,30	0,000	0,022

14	76,29	0,40	0,39	0,000	0,034
15	76,69	0,37	0,15	0,004	0,002
16	76,83	0,22	0,19	0,000	0,000
17	75,27	0,32	0,63	0,000	0,005
18	76,41	0,21	0,40	0,000	0,038
19	76,73	0,24	0,15	0,000	0,000
20	76,95	0,23	0,17	0,000	0,000
21	77,82	0,36	0,32	0,002	0,008
22	76,51	0,29	0,22	0,014	0,011
23	77,50	0,30	0,13	0,304	0,023
24	76,58	0,31	0,22	0,002	0,011
25	75,88	0,32	0,50	0,002	0,013
	No conformes:1	No conformes:0	No conformes: 3	No conformes:1	No conformes:0
OCTUBRE LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	76,95	0,22	0,28	0,000	0,000
2	77,38	0,20	0,11	0,002	0,011
3	77,30	0,22	0,17	0,005	0,046
4	77,04	0,25	0,20	0,004	0,01
5	77,69	0,17	0,18	0,002	0,028

6	77,42	0,28	0,24	0,005	0,012
7	77,25	0,30	0,17	0,007	0,020
8	76,48	0,36	0,53	0,005	0,017
9	79,29	0,54	0,35	0,009	0,001
10	76,00	0,70	0,46	0,005	0,018
11	77,04	0,47	0,18	0,000	0,000
12	79,80	0,50	0,17	0,007	0,010
13	76,63	0,45	0,20	0,006	0,008
14	77,37	0,49	0,59	0,021	0,008
15	77,13	0,48	0,14	0,014	0,012
16	76,54	0,59	0,12	0,001	0,003
17	77,67	0,66	0,15	0,00	0,000
18	77,17	0,66	0,13	0,004	0,000
19	76,19	0,76	0,07	0,005	0,000
20	76,87	0,64	0,13	0,057	0,004
21	76,72	0,56	0,16	0,034	0,000
22	76,75	0,43	0,13	0,013	0,000
	No conformes:1	No conformes:0	No conformes: 2	No conformes: 0	No conformes:0
NOVIEMBRE LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	76,32	0,50	0,40	0,360	0,009

2	79,28	0,44	0,34	0,382	0,012
3	77,97	0,52	0,37	0,016	0,017
4	76,45	0,52	0,49	0,012	0,011
5	76,51	0,47	0,42	0,007	0,013
6	78,04	0,40	0,28	0,004	0,016
7	76,59	0,34	0,53	0,021	0,019
8	76,15	0,32	0,52	0,000	0,014
9	78,23	0,30	0,42	0,007	0,008
10	78,47	0,32	0,37	0,001	0,007
11	76,57	0,30	0,25	0,000	0,000
12	77,84	0,31	0,51	0,002	0,000
13	76,17	0,32	0,81	0,010	0,050
14	77,59	0,33	0,25	0,010	0,040
15	78,02	0,35	0,46	0,002	0,035
16	78,25	0,39	0,54	0,002	0,046
17	78,67	0,27	0,27	0,004	0,033
18	78,64	0,30	0,20	0,003	0,029
19	78,61	0,37	0,19	0,021	0,032
20	78,64	0,48	0,18	0,019	0,035
21	78,42	0,40	0,38	0,004	0,000

22	78,20	0,43	0,67	0,007	0,000
23	78,43	0,33	0,22	0,003	0,002
24	77,86	0,34	0,23	0,004	0,005
25	79,37	0,30	0,17	0,004	0,012
26	79,15	0,38	0,23	0,003	0,000
27	78,68	0,31	0,27	0,000	0,000
28	77,39	0,29	0,40	0,000	0,000
29	76,76	0,36	0,29	0,000	0,000
30	77,32	0,44	0,13	0,000	0,004
31	80,20	0,34	0,12	0,314	0,000
32	77,42	0,22	0,16	0,001	0,000
33	77,17	0,38	0,20	0,001	0,000
34	77,19	0,39	0,44	0,004	0,000
	No conformes: 8	No conformes:0	No conformes: 3	No conformes:4	No conformes:0
DICIEMBRE LOTES	%Ni	% Co	% Fe	%S	% C
1	77,61	0,40	0,41	0,000	0,000
2	77,54	0,38	0,39	0,000	0,000
3	78,05	0,43	0,57	0,046	0,008
4	79,03	0,50	0,36	0,516	0,025
5	78,91	0,48	0,3	0,338	0,001

6	79,30	0,39	0,26	0,339	0,010
7	81,40	0,40	0,25	0,020	0,003
8	79,35	0,40	0,37	0,019	0,004
9	79,40	0,43	0,22	0,005	0,002
10	78,02	0,43	0,22	0,010	0,043
11	80,02	0,49	0,18	0,003	0,011
12	78,05	0,52	0,20	0,005	0,020
13	78,50	0,46	0,19	0,004	0,032
14	78,66	0,46	0,22	0,012	0,035
15	78,88	0,48	0,21	0,007	0,040
16	78,62	0,49	0,24	0,013	0,046
17	80,00	0,68	0,31	0,441	0,015
18	79,13	0,50	0,29	0,431	0,011
19	78,23	0,62	0,23	0,332	0,037
20	78,17	0,57	0,16	0,329	0,083
21	79,26	0,61	0,23	0,007	0,036
22	78,39	0,58	0,22	0,000	0,006
23	78,33	0,59	0,15	0,003	0,005
24	78,09	0,60	0,14	0,000	0,013
25	77,77	0,60	0,19	0,000	0,007

26	77,10	0,51	0,18	0,000	0,000
27	77,44	0,59	0,18	0,000	0,007
28	76,46	0,55	0,29	0,000	0,013
29	77,16	0,63	0,16	0,000	0,013
30	77,41	0,59	0,14	0,000	0,004
31	78,40	0,57	0,25	0,001	0,000
32	78,17	0,52	0,2	0,004	0,006
33	78,25	0,40	0,17	0,000	0,004
34	77,39	0,36	0,26	0,000	0,004
35	75,68	0,62	0,54	0,338	0,013
36	77,16	0,63	0,16	0,000	0,013
	No conformes: 27	No conformes: 0	No conformes: 2	No conformes: 8	No conformes: 0

**Anexo 3. Modelo de Declaración de Producto Final no Conforme
Establecido por el Sistema de Control de Calidad**

R-02/UEBT-C-PC-10

PRODUCTO FINAL NO CONFORME

Fecha: _____

Producto final No Conforme:

No Conformidad detectada:

Detectada por:

Nombre, apellidos y cargo:.

Disposiciones:

Aceptado con autorización escrita del cliente.

Reproceso.

Causas de la No Conformidad:

Acciones Correctivas:

Nombre y apellidos, cargo y firma del Jefe del área

Evaluación y eficacia de las acciones correctivas tomadas:

Evaluado por:

Aprobado por

Nombre, apellidos y firma

Nombre, apellidos y firma

Esp. Calidad

Director Tecnología