



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO-METALÚRGICO
“Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD METALURGIA-ELECTRÓMECÁNICA
DEPARTAMENTO DE METALURGIA.

Trabajo de Diploma.

*Análisis de las potencialidades de producción
más limpia (PML) en la Planta de Preparación
del Mineral.*

Maiquel Addiel Acosta Macías

*Moa – Holguín
Curso: 2008-2009*

Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO-METALÚRGICO
“Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD METALURGIA-ELECTRÓMECANICA
DEPARTAMENTO DE METALURGIA.

Trabajo de Diploma.

*Análisis de las potencialidades de producción
más limpia (PML) en la Planta de Preparación
del Mineral.*

Maiquel Addiel Acosta Macías

*Moa – Holguín
Curso: 2008-2009*

Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución

Declaración de Autoridad

Yo, Maiquel Addiel Acosta Macías, autor de este trabajo de diploma y los tutores Lic. Carmen Hernández Fernández, Dr.

Eulicer Fernández Maresma certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico

“Dr. Antonio Núñez Jiménez” y la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, para su posterior uso con fines docentes, educativos e investigativos.

*Firma del Diplomante
Maiquel Addiel Acosta Macías*

*Firma del Tutor
Lic. Carmen Hernández Fernández*

*Firma del Tutor
Dr. Eulicer Fernández Maresma*

Julio del 2009

Dedicatoria

En el largo camino que es la vida, el destino nos depara cual si fuese premeditación a veces caer, a veces levantarnos.

Este trabajo va dedicado a todos aquellos que contribuyeron de una forma u otra a mi formación como profesional:

En especial

♥ *A mis padres Pablo Acosta Méndez y Fredesvinda Macías Fajardo por enseñarme a caminar por el sendero del saber, la honestidad y la sinceridad. Aportando todo su empeño para lograr exitosamente mis metas.*

♥ *A mi hermana. Elizabeth Acosta Macías por apoyarme siempre en el desarrollo de mi carrera.*

♥ *A mi querida y amada esposa Yusaidis Hernández Barrero que me ha apoyado en todo momento por la realización de este sueño*

♥ *A mi amigo o mejor dicho como un hermano a, Wilexis Rodríguez Lambert que de una forma u otra me ayudó a levantarme para que se cumpliera este sueño hecho realidad*

♥ *A mis tutores Lic Carmen Hernández Fernández y Dr Eulicer Fernández Maresma*

♥ *A mis abuelos Sofía Fajardo Villar, Gloria Méndez Pardo y Reynerio Acosta que con su esfuerzo y dedicación hicieron posible la realización de este sueño.*

♥ *A todos mis amigos y compañeros de grupo.*

Agradecimientos

Muchas gracias son dos palabras que significan gratitud, las cuales derivan de la mano tendida cuando la espina reflejaba la sangre, de la preocupación compartida y sobre todo de esa virtud que se llama comprensión.

Mis más sinceros sentimientos de gratitud.

♥ *A mis padres Pablo Acosta Méndez y Fredesvinda Macías Fajardo por tenderme siempre sus manos en este valle con espinas y que con su esfuerzo y dedicación hicieron posible la realización de este sueño.*

♥ *A mi hermana, Elizabeth Acosta Macías*

♥ *A mí querida y amada esposa Yusaidis Hernández Barrero por su apoyo incondicional.*

♥ *A mis abuelos, Sofía Fajardo Villar, Gloria Méndez Pardo y Reynerio Acosta por su apoyo incondicional*

♥ *A mis tutores Lic. Carmen Hernández Fernández Dr.c Eulícer Fernández Maresma*

♥ *A Yuriannis Labrada por su apoyo*

♥ *A mis tías y tíos, primos y aquellas personas que de una forma u otra hicieron posible la realización de este sueño.*

♥ *A mis queridos amigos de batalla de toda la vida.*

♥ *Al profesor Ing Yennis Ávila Torres por toda su colaboración en la realización de este trabajo.*

Pensamientos

Es tan vana la esperanza de que se llegue sin trabajo y sin molestia a la posesión del saber y la experiencia, cuya unión produce la sabiduría, como contar con una cosecha donde no se ha sembrado ningún grano.

Benjamín Franklin.

“ Hay que trabajar para enriquecer los conocimientos adquiridos durante los estudios, para saberlos aplicar en la práctica de manera creadora y recordar que la realidad es siempre mucho más rica que la teoría, pero que la teoría es siempre imprescindible para desarrollar el trabajo profesional de un modo científico”.

Fidel Castro Ruz.

Resumen

El actual estado del medio ambiente a nivel mundial figura como una de las principales preocupaciones de los seres humanos. Revertir esta situación precisa, entre muchas cosas, el control de los residuos y emisiones de estos contaminantes en la fuente de origen.

Los inventarios de emisiones y de residuos son muy importantes para cuantificar y/o evaluar el impacto de la exposición a un determinado contaminante al medio ambiente.

En el presente trabajo se aborda un análisis de las potencialidades de producción más limpia (PML), es decir opciones de PML para contribuir al mejoramiento del medio ambiente y específicamente en la planta de preparación del mineral de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara con el objetivo de evaluar la misma, incluyendo los residuos y emisiones. Para ello se realizó una revisión bibliográfica acerca del tema, donde se encontró que se han realizado trabajos en países como Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Salvador, Colombia, y en Europa en Suiza. En nuestro país en Santiago de Cuba en el municipio Contramaestre donde han contribuido a producciones más limpias. Por ello se desarrolló una metodología que permitió evaluar las opciones de producción más limpia de la planta que contribuye a la empresa.

Palabras claves: potencialidades, producción más limpia, opciones, evaluación.

Summary

And present I been of the Means atmosphere AT world-wide level appears like one of the main preoccupations of the human beings. To revert this needs situation, between many things, the control of I you remainders and emissions of these polluting agents in the origin source.

The inventories of emissions and remainders plows very important to quantify and/or to evaluate the impact of the exhibition to polluting determining to the Means atmosphere.

In the present work an analysis of the potentialities of to cleaner production is approached (PML), is to Means atmosphere say PML options to contribute to the improvement of the and specifically in the plant of preparation of the mineral of the Company Commander Ernesto Che Guevara with the objective to evaluate the same one, including the remainders and emissions. For it to bibliographical revision was made about the subject, where it was that works have been made in countries like Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil, Salvador, Colombia, and in Europe in Switzerland. In our country in Santiago of Cuba in the municipality Foreman where they have contributed to cleaner productions. For that reason to methodology was developed that allowed to evaluate the options of to cleaner production of the plant that contributes to the company.

Key words: potenciality, a more cleaning production, options and evaluation.

Indice	Pág
Introducción	11
Capítulo: I Fundamentos teóricos de la investigación.	16
1.1 Introducción del Capítulo.....	16
1.2 Antecedentes Generales.	16
1.3 Redes de información sobre Producción más Limpia en América Latina y el Caribe.	17
1.4 Producción más Limpia en América Latina y el Caribe.	17
1.5 APLICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA INDUSTRIA CUBANA.....	19
1.6 Generalidades sobre Producción más Limpia.	23
1.6.1 Estrategia Ambiental Preventiva.....	23
1.6.2 Responsabilidad de las empresas.	24
1.6.3 Principios de producción limpia.....	25
1.6.4 Técnicas de Producción más Limpia.....	25
1.6.5 Beneficios de la Producción más Limpia.....	26
1.7 Metodologías para la evaluación en planta.	27
1.7.1 Principios de la evaluación rápida en planta aplicada a la planta de preparación del mineral.....	28
1.7.2 Los objetivos principales de la evaluación en la planta de preparación de mineral son los siguientes.	30
1.7.3 En la planta se identificaron como opciones para aplicarles prácticas de P+L a:.....	30
Capitulo II.	31
2. 1 Flujo tecnológico de la Planta de Preparación de Mineral.....	31
Fig. # 2.1 Diagrama de flujo de la Planta de Preparación del Mineral.	32
2.1.1 Descripción del proceso tecnológico.	33
2.1.2 Características fundamentales que definen el proceso de secado.	34
2.2 Evaluación del impacto ambiental en la Planta de Preparación del Mineral. ...	40
2.3 Efluentes de la producción.	40
. Efluentes de Molinos.	40
. Efluentes de Secaderos.....	41
3. Balance material y de Energía de la planta.	41
5. Evaluación sem.-cuantitativa del potencial de producción más limpia de la planta de preparación del mineral a través del Software Ecioinspector 2.0.....	59
5.1 Definición del análisis estructural.....	60
5.2 Relación de los factores	60
6. Demostración de los puntos débiles del proceso (ineficiencias) que están presentes en la planta.	61
6.1 Alimentación directa desde la mina a la parte de los secaderos.	61
7. Medidas para la protección del medio ambiente en el secado del mineral.	62
8. Inventario de los focos de emisión de contaminantes generados en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.	62
9.1 Emisiones de gases y polvo en la planta de preparación del mineral.	63

9.2 Caracterización de cada uno de los emisarios de la planta y características de los gases que se generan en la planta.	63
9.3 Características que se generan en la planta de Secaderos y Molino.	64
10. Aguas residuales industriales de forma general de la Empresa Comandante Ernesto che Guevara.	65
11. Modificaciones tecnológicas que se han hecho en la planta para mejorar la calidad del producto y contribuir a la protección del medio ambiente.	66
Capitulo III. 3.1 Análisis y Discusión de los resultados.	68
Introducción.	68
3.1.1 Gráfico de potenciales de P+L	70
3.1.2 Análisis del gráfico de potenciales de P+L.....	70
3.2 Definición de análisis estructural.....	71
3.2.1 Relación de los factores analizados en los gráficos de potenciales.	71
3.2.2 Detallado análisis estructural.	71
Gráfico #1 relación de los factores del análisis estructural.....	72
3.2.3 Relación de las variables que están descritas en el análisis estructural.	72
3.2.4 Variables resultado en la planta de preparación del mineral en cuanto a mi planta de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.	73
4. Opciones de producción más limpia (OPML) para eliminar los problemas ambientales en la planta de preparación del mineral	73
5. Principales problemas ambientales detectados en la planta.(para el capítulo III)	74
Conclusiones.	76
Recomendaciones.....	77
Bibliografía.	78

Introducción

Durante las últimas dos décadas, la industria minero metalúrgica ha tenido que enfrentar grandes problemas, algunos de ellos relacionados con los costos de la minería y del proceso extractivo los que continuamente se han ido incrementando debido a precios muy inestables en el mercado mundial y una preocupación social en relación a la contaminación producida por las plantas de tratamiento de minerales lateríticos. Esta situación se agrava al considerar otros factores como, la baja ley de los minerales, los elevados costos de amortización y energía, así como el agotamiento de las reservas. Estas industrias realizan grandes esfuerzos para reducir los costos de producción y recobrar la rentabilidad, así como para cumplir con las estrictas reglamentaciones en cuanto a la contaminación ambiental.

Los minerales lateríticos son tratados por tecnologías piro e hidrometalúrgicas, las primeras extraen alrededor de 70 % del níquel, y el cobalto se pierde en las escorias. Mientras que las tecnologías hidrometalúrgicas pueden recuperar más del 80 % del níquel y el 30% del cobalto contenido en la mena (Tecnología Caron), y más del 95 % del níquel y el 90 % del cobalto por el procesamiento ácido. El objetivo de ambas tecnologías es la recuperación de níquel como elemento principal y se obtiene como producto final o semielaborado sínter de níquel, óxido de níquel y sulfuro de níquel más cobalto.

El proceso CARON, por medio del cual se extrae el níquel de los yacimientos lateríticos, lixiviando el mineral reducido con una solución de carbonato de amonio a presión atmosférica, ha sido un proceso importante en la refinación de las laterititas con alto contenido de hierro. El mismo se aplica en nuestro país en las empresas Comandante René Ramos Latour de Nicaro y en la Empresa Ernesto Che Guevara ubicada en Punta Gorda, Moa. La fábrica de Nicaro fue la primera en el mundo en implementar la tecnología Carbonato – Amoniacal (Proceso CARON) en el año 1943 patrocinada por la Freeport Sulphur Co. (EUA). La misma fue desarrollada posteriormente por las siguientes industrias.

1962 - SERED (antigua Checoslovaquia). Procesó minerales importados de Albania.

1974 - Marinduque en Filipinas, actual NONOC.

1974 - GREENVALE en Australia. Actualmente se están agotando sus yacimientos y procesa un elevado porcentaje de minerales importados de Indonesia y Nueva Caledonia, esta industria a pasado a llamarse QUEENSLAND NICKEL.

1980 – Inicia sus operaciones el Complejo Industrial TOCANTINS en Brasil.

1987- Inicia sus operaciones la Empresa Ernesto Che Guevara ubicada en Punta Gorda, Moa, Cuba. Esta tecnología esta caracterizada por el alto consumo de fuel oil que representa aproximadamente un 70% (en el caso de Cuba) del costo unitario por libra de Ni+Co producida.

La composición de las menas procesadas por estas industrias en cuanto al contenido de Fe, SiO₂, Ni y Co es variable (según datos tabla 1) pues los valores de estos componentes oscilan en un amplio rango lo que se explica por las diferencias mineralógicas entre los yacimientos.

Tabla 1. Composición química del mineral alimentado a las plantas industriales.

Plantas	Ni (%)	Co (%)	Fe (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)
Nicaro	1,16	0,089	38,6	6 - 8	12 - 16
Punta Gorda	1,27	0,09	38 - 39	5 - 6	10 - 12
NONOC	1,22	0,10	38 - 39	6,3	-
SERED	0,945	0,063	51,4	1,7	7,55
Greenvale (GRV)	1,35	0,11	22 - 23	5 - 6	35
Queensland (QNI)	1,5 -1,6	0,12 -0,2	35 - 40	6 - 8	12 - 16
Tocantin	1,5	0,13	25-27	6-8	20-25

En este trabajo haremos énfasis en La Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, dedicada a la explotación de la laterita con el fin de extraer los minerales de Ni y Co, la cual está dividida en una serie de plantas entre las que se encuentra la de preparación del mineral.

Esta empresa es la mayor productora de Ni de nuestro país y ha incrementado su capacidad en los últimos años, representa una de las principales fuentes consumidoras de energía eléctrica, de ahí que no han sido pocos los esfuerzos que se realizan en aras de disminuir los costos de producción mediante la búsqueda de tecnologías más eficientes sin grandes inversiones de capital.

Mediante el análisis del potencial de Producción Limpia (P+L) en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara específicamente en la planta de preparación del mineral, podemos detectar los puntos vulnerables en función de buscar alternativas para minimizar o mitigar la contaminación o las fuentes generadoras de residuos y emisiones, una vez que ésta se ha producido. Esto constituye una necesidad del desarrollo, pues además de fortalecer los programas y esfuerzos nacionales de lucha contra la contaminación, se mejora la gestión ambiental y la economía de la empresa. Además ha de lograrse en un marco de respeto a la salud de los trabajadores/as y ciudadanos, sus opciones vitales, su trabajo y su cultura, además del respeto por el medio ambiente es por eso que nos planteamos la siguiente situación problemática.

Situación problemática:

El desconocimiento sobre las posibilidades de aplicación de PML donde se tenga en cuenta a consumos de energía y agua, medio ambiente, tecnología y residuos interactuando como un sistema en la planta de preparación del mineral de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Hipótesis:

Una vez evaluada de forma integral la planta a través del Software Eco inspector 2.0 (PML) podremos proponer medidas para mejorar la calidad y gestión de la producción y disminuir el volumen de contaminantes.

Objeto de estudio:

Planta de Preparación del Mineral de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Objetivo General:

Evaluar las potencialidades de producción más limpia (P+L) en la planta de preparación del mineral.

Objetivos específicos:

1. Establecer el balance de masa y energía de la planta.
2. Evaluar los resultados obtenidos a partir del Software Eco Inspector 2.0 mediante el cual se estiman las potencialidades de producción más limpia (P+L) de acuerdo a los problemas detectados.
3. Analizar los resultados: Breve discusión de las áreas y procesos con mayores potencialidades de producción más limpia (P+L).

Para lograr cumplir con el objetivo trazado en la investigación se establecen como **tareas de investigación** las que a continuación se relacionan:

Tareas a realizar:

1. Caracterización técnica y media ambiental de la planta.
2. Evaluación del impacto ambiental (causa y efecto) en cada una de las etapas del proceso.
3. Balance material y Energía de la planta.
4. Evaluación semi-cuantitativa del potencial de producción más limpia (P+L) de la planta a partir del Software Eco Inspector 2.0.
5. Valoración de los resultados mediante el análisis de los problemas ambientales existentes para seleccionar de ellos los que pueden solucionarse a partir de opciones de producción más limpia (P+L).
6. Propuestas tecnológicas para la minimización o mitigación del impacto ambiental.

Métodos de investigación:

1. Método histórico–lógico en la investigación bibliográfica para la sistematización del conjunto de conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
2. Método de investigación experimental para hacer un análisis para poder evaluar y proponer opciones o alternativas de producción más limpia (OPML) en la planta de preparación del mineral de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Los aportes científicos esperados en esta investigación que se prevén obtener con su aplicación son los siguientes:

En lo científico

Hacer un análisis de las potencialidades de producción más limpia (PML) en la planta de preparación del mineral y proponer propuestas para minimizar los residuos y emisiones con la ayuda de la metodología de evaluación rápida en plantas.

Resultados esperados.

1. Demostrar los puntos débiles del proceso (ineficiencias) mediante el conocimiento de las fuentes generadoras de residuos y emisiones y del comportamiento de las materias primas o materiales a través del mismo.
2. Identificar los problemas ambientales que pueden tener solución a partir de la aplicación de las opciones de producción más limpia (P+L).
3. Proponer medidas para la minimización de residuos y emisiones.

Capítulo: I Fundamentos teóricos de la investigación.

1.1 Introducción del Capítulo

Las regulaciones nacionales e internacionales, son continuamente mejoradas y comienzan a ser cada vez más rigurosas en las exigencias del manejo de la interfase industria - medio ambiente. Además los impactos negativos de la industria en el medio natural y el hombre comienzan a ser cada vez mayor, repercutiendo negativamente en lo económico y en detrimento de los buenos hábitos del manejo ambiental.

En la realización de este trabajo investigativo es necesario realizar una amplia revisión bibliográfica de los antecedentes de la temática a investigar (PML). Todo esto posibilita una buena comprensión teórica del tema a estudiar, lo que facilita un juicio real de la situación actual en que se encuentra el tema tratado. Además es necesario tener visión clara del funcionamiento integral y los fundamentos teóricos del proceso de preparación del mineral para una mejor evaluación del proceso. Todo esto ayudará a la elaboración de un algoritmo de cálculo del balance de masa y energía, en función del problema de estudio y el objetivo planteado.

1.2 Antecedentes Generales.

En 1989 El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) lanza el concepto de Producción Más Limpia (P + L).

En 1992 comienza la implementación de políticas y programas de PML a nivel internacional, como respuesta a los compromisos que se establecieron en la Cumbre de Río de Janeiro. En varios países del mundo se han efectuado trabajos acerca de este programa.

En 1994 la Asamblea General de Naciones Unidas proclamó el 16 de septiembre como el Día Mundial de la Protección de la Capa de Ozono en conmemoración de la firma del Protocolo de Montreal en 1987, y desde entonces es prioridad medioambiental reducir la emisión de gases tóxicos a la atmósfera.

1.3 Redes de información sobre Producción más Limpia en América Latina y el Caribe.

- UNEP Program for Latin America and the Caribbean tiene información sobre programas y recursos incluyendo Producción Mas Limpia. Incluye Manual de Producción más Limpia y un Paquete de Recursos de Capacitación, presentación de PL.
- El Foro Interamericano de Derecho Ambiental tiene proyectos de PL.
- Capítulo Latinoamericano del World Business Council for Sustainable Development es la representación del World Business Council for Sustainable Development de la región.
- El Programa Interamericano de Cooperación en Tecnologías Ambientales en Sectores Claves de la Industria es una iniciativa que responde a los desafíos que enfrentan las empresas pequeñas y medianas en los países de Latinoamérica y el Caribe para adoptar tecnologías ambientales y prácticas de administración de manejo económico.
- Guía Técnica de Producción Limpia constituye un apoyo a la introducción de los principios y acciones de la Producción Limpia y a la incorporación de la gestión ambiental como una ventaja competitiva, en la empresa.

1.4 Producción más Limpia en América Latina y el Caribe.

En la República de Colombia el Ministerio del Medio Ambiente elaboró un documento que constituye la propuesta de Política Nacional de Producción más Limpia, que se somete a consideración del Consejo Nacional Ambiental, formulada sobre una perspectiva de largo plazo, como una respuesta a la solución de la problemática ambiental de los sectores productivos, que busca fundamentalmente --prevenir" la contaminación en su origen, en lugar de tratarla una vez generada, con resultados significativos para la construcción de las posibilidades reales

de sostenibilidad y competitividad sectorial.

www.conep.org.pa/./quepl.php Centro de producción más Limpia Colombia.

Centro Mexicano de Producción Más Limpia.

En México se instituye el Centro Mexicano para la Producción Más Limpia con la finalidad de actuar como organismo coordinador y promotor en la adopción de tecnologías limpias en la industria mexicana, teniendo como sede al Instituto Politécnico Nacional, siendo aprobado por el Consejo General Consultivo del Instituto y por el Director General el 20 de marzo de 1996. www.cnpml.org Centro Mexicano de Producción Más Limpia.

.**En Ecuador** cada vez son más las empresas que se unen a la cruzada por el Planeta, y que en conjunción con el CEPL han basado sus Planes de Manejo Ambiental en el uso de herramientas de Producción más Limpia, lo que les ha permitido mejorar sus estándares de productividad, competitividad y rentabilidad con la disminución de riesgos para el ser humano y el ambiente. Fundamentalmente a través del Programa de Capacitación a Empresas en Producción más Limpia. www.ecuadorambiental.com **images contacto.** Programa de capacitación en Producción más Limpia.

Perú, el Proyecto de Programa de Cooperación Horizontal de Tecnologías Limpias y Energías Renovables, bajo la coordinación general del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC Perú, busca mejorar la productividad y la competitividad de empresas dentro de los mercados globales, así como elevar la calidad de vida de las personas que dependen de ellas. www.cpts.org/./curtiembres.htm Guía técnica de Producción más Limpia.

Centro guatemalteco de producción más limpia (CG P+L).

Es una institución técnica cuya misión es desarrollar y facilitar servicios, a la vez que fortalecer la capacidad local en la aplicación de Producción más Limpia (P+L) para hacer las empresas nacionales más eficientes, competitivas y compatibles con el Medio Ambiente. Cuenta con el apoyo de instituciones nacionales tales como Cámara de Industria de Guatemala (CIG), Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA); y de organizaciones internacionales como la Organización de Naciones Unidas del Desarrollo Industrial (ONUDI), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Agencia de Cooperación Económica de Suiza. De igual forma se cuenta con la cooperación técnica del Instituto de Tecnología Ambiental de la Universidad de Ciencias Aplicadas de Basilea, Suiza www.lineadecreditoambiental.org Centro Guatemalteco de Producción más Limpia.

1.5 APLICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA INDUSTRIA CUBANA

Como estrategia, la Producción más Limpia (PML) puede tener aplicación en diferentes niveles de una misma industria involucrando desde su misión hasta sus diferentes estrategias, sistemas, componentes, materiales y procesos. Sus alcances abarcan aspectos internos de la industria como, la calidad del producto, el acceso a tecnología alternativa, la disponibilidad de capital y la resistencia cultural. Y externos como las políticas macroeconómicas y ambientales, aspectos financieros, la presión de la comunidad, la demanda en el mercado por productos sostenibles. pml@ama.cu Red Nacional de Producción Más Limpia. Cuba.

La Estrategia Ambiental Nacional, contribuye al logro del desarrollo sostenible del país, además es la base sobre la cual se proyectarán las acciones en el campo de la Producción Más Limpia, por lo que deberá incluir explícitamente este concepto y promover su aplicación sistemática. Por otra parte, las Estrategias Sectoriales y Territoriales, en las cuales se identifican

los principales problemas ambientales y establecen los planes y programas de acción en cada sector de la economía y territorio, respectivamente, deberán introducir este nuevo enfoque como vía para disminuir las cargas contaminantes emitidas al medio ambiente y mejorar la eficiencia económica de las empresas. La revisión de la legislación y regulaciones vigentes, así como la modificación de aquellas normas y leyes que constituyan barreras para la introducción de prácticas de Producción Más Limpia, también son parte de esta estrategia. Las regulaciones ambientales, además de establecer las normas relativas a las descargas y emisiones, deberán incluir el uso de alternativas para prevenir la generación de desechos como son el empleo de tecnologías más limpias, el establecimiento de normas y procedimientos que garanticen el uso eficiente del agua, materias primas, productos y energía, la implantación de programas de monitoreo, la recuperación, reuso y/o reciclaje de residuales y la ejecución de auditorías.

A pesar de que la introducción de las opciones anteriormente mencionadas constituye uno de los aspectos que se deben analizar durante la Evaluación de Impacto Ambiental en la actualidad las valoraciones que se llevan a cabo en este marco, que privilegian el uso de tecnologías "al final del tubo", sin explotar las potencialidades que ofrece la Producción Más Limpia. Este proceso debe convertirse en instrumento facilitador de la prevención de los daños ambientales y del incremento de la eficiencia económica en los nuevos proyectos de desarrollo. La Inspección Ambiental Estatal puede constituir un instrumento importante en la introducción de prácticas más sostenibles en la gestión de las empresas, si promueve la prevención y no se restringe a controlar el cumplimiento de las normas de vertimiento y emisiones y el estado de los sistemas de tratamiento de residuales. Tiene potencialidad para inhibir las conductas despilfarradoras y contaminadoras, haciendo que los procesos productivos y actividades de servicios sean más limpios, pero necesita el perfeccionamiento y actualización de las regulaciones ambientales vigentes.

Por otra parte, el Sistema Nacional de Reconocimiento Ambiental y los Sistemas de Gestión Ambiental Empresarial constituyen instrumentos al

servicio de las políticas, metas y objetivos de Producción Más Limpia, ya que incentivan la mejora continua del desempeño económico y ambiental de las entidades involucradas, favorecen el cumplimiento de la legislación ambiental y las normas técnicas vigentes como requisito básico para alcanzar metas ambientales superiores; exigen la implementación de prácticas preventivas y la realización de diagnósticos ambientales integrales, promueven la introducción de resultados científico-técnicos e innovación tecnológica con incidencia en el medio ambiente, así como el establecimiento de programas de información, divulgación y capacitación ambiental.

La sensibilización, concientización y diseminación de información entre los tomadores de decisión, empresarios, organizaciones financieras, instituciones docentes de la enseñanza superior, centros de investigación, consultorías ambientales, etc., y el entrenamiento de especialistas para que apliquen el concepto y metodologías de Producción Más Limpia, evalúen sus ventajas económicas y ambientales y preparen proyectos de inversiones en esta temática, también son aspectos esenciales para el éxito de esta estrategia. Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales CNPML PNUMA, 2001.

LA HABANA, Cuba; 16 abril 2007. Funcionarios de la industria cubana confirmaron la buena marcha y resultados de un proyecto de cooperación con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), institución que tiene su sede central en Viena, Austria. Este proyecto comenzó sus operaciones en el año 2001 con el propósito de contribuir a eliminar de los procesos industriales la contaminación ambiental y disminuir el costo de producción en las industrias participantes, y se inserta en el Programa de Producción más Limpia de la ONUDI, que cuenta con unos 40 centros al nivel mundial.

En Cuba este proyecto, en lugar de un solo centro, abarca una Red Nacional de Centros de Producción Más Limpia, conformada por cinco instituciones: Instituto de Investigaciones de la Industria Alimentaria (IIIA); Centro de

Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB); Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT); Agencia del Medio Ambiente (AMA) y el Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Según la información aportada por las instituciones cubanas, en este proyecto de la ONUDI las industrias participantes dejaron de verter en el medio ambiente 8 000 toneladas de CO₂; ahorraron 5 436 metros cúbicos de agua potable y 30 300 Mw./hora de electricidad; redujeron la contaminación en 54 000 toneladas de DQO (Demanda Química de Oxígeno), indicador de la contaminación que no fue vertida en el medio ambiente. Las instituciones cubanas participantes en este proyecto de la ONUDI cuantificaron hasta el momento el ahorro material en 17 120 000 USD, desglosados como sigue: 2 800 000 USD, por concepto de electricidad; 1 690 000USD, por concepto de agua potable y 12 630 000 USD, por concepto de reducción de costos de producción. www.granma.cu
Programa de Producción más Limpia

Empresa Industrial de Cítricos Contramaestre.

La Empresa Industrial de Cítricos Contramaestre fue creada en 1999. Es integrante del Grupo Empresarial Frutícola del Ministerio de la Agricultura y se dedica al procesamiento de frutas cítricas para la obtención de jugos concentrados y aceites esenciales. Su Estrategia de Producción Más Limpia", implica establecer parámetros numéricos exactos para reflejar las pérdidas de energía, productos contaminantes y agua tratada durante el proceso productivo. La mencionada estrategia permite contabilizar los gastos indebidos y adoptar procedimientos de ahorro de energía y vapor, así como medidas para el reciclaje de desechos contaminantes. A partir de esta Estrategia de trabajo aplicada se han logrado ahorros de 41 000 CUC por concepto de portadores energéticos, agua y la aplicación de Buenas Prácticas de Producción. La aplicación ha aportado resultados significativos en cuanto a la reducción de la carga contaminante y sus vertimientos, así como el aprovechamiento de residuales sólidos generados durante el beneficio de cítricos.

www.radiomambi.co.cu Empresa Industrial de Cítricos Contramaestre.

1.6 Generalidades sobre Producción más Limpia.

La Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios, es aplicable a todos los sectores de la producción y los servicios, lo que contribuye a mejorar el desempeño ambiental de las empresas y a encaminar su gestión hacia la sostenibilidad. Definición del Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA) 2001. Además podemos decir que es la prevención de la contaminación, mediante la utilización de materias y procesos donde disminuyen o se eliminan la creación de contaminantes en la fuente de origen. Definición del Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA) 1998. También es conocida como la minimización de residuos riesgosos que se generan, que conlleva a la reducción del mismo hasta donde sea posible, considerándose la forma más rentable de explotar al máximo los servicios y procesos, favoreciendo que se eviten los impactos negativos al medio ambiente principalmente a la salud. Definición del Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA) 1998. Además es una estrategia empresarial, enfocada hacia procesos productivos, productos y servicios, a fin de reducir costos, incentivar innovaciones y reducir los riesgos relevantes al ser humano y al medio ambiente. Las herramientas principales de la aplicación de la producción más Limpia en una empresa, son los eco-balances y el cálculo de los costos de ineficiencias. En el sistema tradicional de contabilidad no todos los costos que implican los residuos para la empresa (desechos y energía) son visualizados. Sin embargo, estos costos intrínsecos son uno de los principales factores de motivación para la implementación de la PML. Definición del Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA) 2001.

1.6.1 Estrategia Ambiental Preventiva.

Es la parte principal o la base sobre la cual se proyectarán las acciones en el campo de la Producción Más Limpia, está integrada y aplicada a un ciclo

de producción, donde influye en la productividad para el uso más eficiente de las materias primas, agua y energía. Además promueve un mejor funcionamiento ambiental a través de la reducción de fuentes de residuos y emisiones, lo que reduce el impacto ambiental de productos a través de su ciclo de vida. Donde deberá constituir un elemento clave en la planificación de cada fase del sistema productivo.

Aspectos a tener en cuenta para la aplicación de la Estrategia Ambiental Preventiva en el diseño empresarial Definición del Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA) 1998.

- Organización de la producción. El productor ha de planificar el diseño de producción con el fin de integrar todos los aspectos medioambientales: minimizar el consumo de recursos naturales, la utilización de energía, la emisión de contaminación, potenciar la durabilidad y retornabilidad de los productos y garantizar la capacidad para recibir los residuos de su proceso y de sus productos.
- Selección de tecnologías. La selección de tecnologías según criterios ecológicos, la búsqueda de sustancias no tóxicas y procesos que optimicen la utilización de energía y materias primas, serían la base de las tecnologías limpias.
- Diseño de los productos. Tienen que diseñarse para durar, poder ser separados y recuperados fácilmente y reciclados, no deben incorporar sustancias peligrosas que dificulten las tareas e incrementen el riesgo para la salud y para el medio ambiente.
- Gestión de los residuos. Para potenciar una gestión adecuada de los residuos se debe reducir en el origen, reutilizar siempre que sea posible y reciclar.

1.6.2 Responsabilidad de las empresas.

Los productores deben ser responsables de los residuos peligrosos que generan e introducen al medio durante todo su ciclo de vida, incluyendo su transporte, tratamiento y depósito final. Sabemos que la empresa, ha de asumir la responsabilidad de evitar y prevenir el

riesgo que el desarrollo de su actividad pueda suponer para la salud de los trabajadores/as de su planta de producción y de los ciudadanos que conviven en la comunidad donde está instalada y del entorno natural. Definición del Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA) 1998.

1.6.3 Principios de producción limpia.

Principio de precaución. Debe prevalecer la protección a las personas y al planeta. La producción limpia actúa para reducir los efectos sobre el medio ambiente sin esperar a tener evidencia de daños serios.

Principio de prevención. Resulta más barato y más fácil prevenir daños ecológicos, que crearlos y después intentar "remediarlos".

Principio de integración. Se puede prevenir la contaminación del medio, evitando que la contaminación generada se transfiera de un medio a otro.

Para tomar en consideración todos los aspectos potenciales de contaminación, deberán incluirse los siguientes aspectos:

- todos los flujos de materia y energía.
- el ciclo completo de vida de los productos.
- flujos de materia/energía hacia todos los sistemas medioambientales.
- el impacto económico del cambio a producción limpia.

1.6.4 Técnicas de Producción más Limpia

- Mejoras en el proceso
- Buenas prácticas operativas
- Mantenimiento de equipos
- Reutilización y reciclaje
- Cambios en la materia prima
- Cambios de tecnología

En la figura # 1 se muestra un esquema resumen de las alternativas de producción más limpia que pueden aplicarse de forma general

según, Definición de la Organización Nacional de las Naciones Unidas.2001

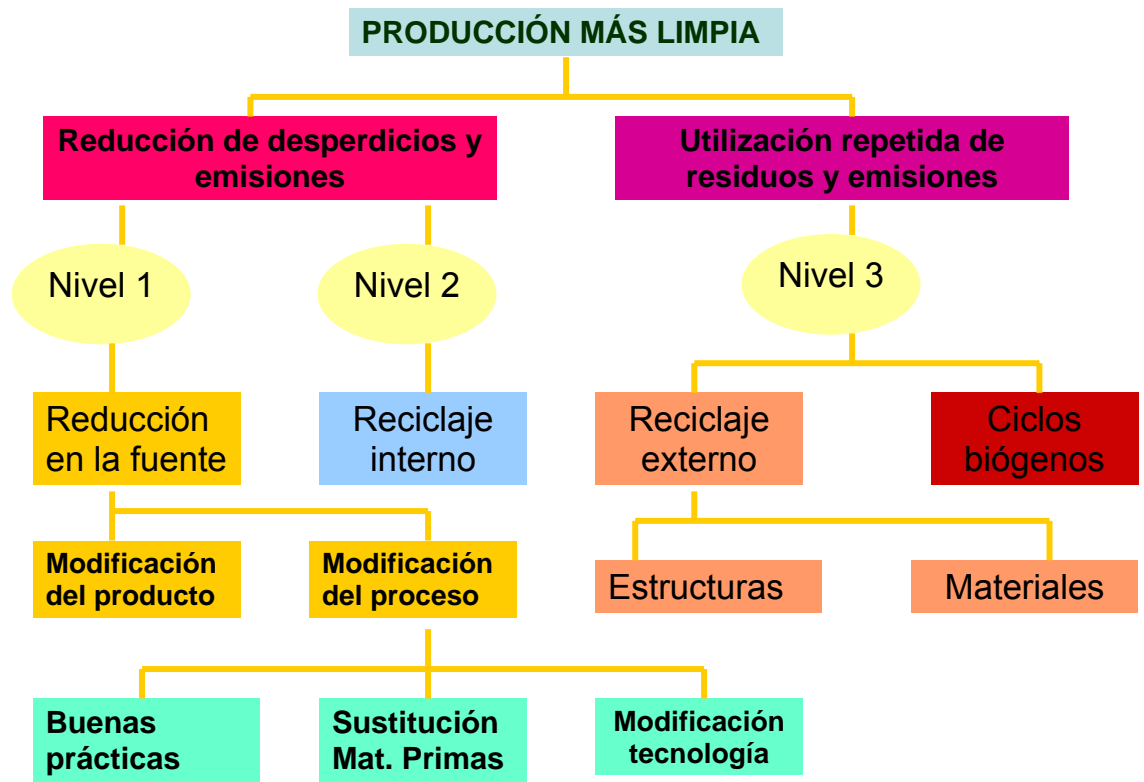


Fig.1 Alternativas de producción más limpia. Definición de la Organización Nacional de las Naciones Unidas.2001

1.6.5 Beneficios de la Producción más Limpia

Beneficios financieros.

- * Reducción de costos, por optimización del uso de las materias primas.
- * Ahorro, por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.)
- * Menores niveles de inversión asociados al tratamiento y/o disposición final de los desechos.
- * Aumento de las ganancias.

Beneficios Operacionales

- * Aumenta la eficiencia de los procesos.
- * Mejoran las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- * Mejoran las relaciones con la comunidad y la autoridad.

- * Reduce la generación de los desechos.
- * Efecto positivo en la motivación del personal.

Beneficios Comerciales

- * Permite comercializar mejor los productos posicionados y diversificar nuevas líneas de productos.
- * Mejora la imagen corporativa de la empresa.
- * Logra el acceso a nuevos mercados.
- * Aumento de ventas y margen de ganancias.

Definición del Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA) 1998.

1.7 Metodologías para la evaluación en planta.

En la actualidad se han desarrollado metodologías para la evaluación de la producción más limpia en plantas. En la tabla # 2 aparecen las que más se destacan a nivel mundial.

UNEP, 1996	Guía UNEP/UNIDO para Centros de P+L	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación. • Pre evaluación. • Evaluación • Implementación • Seguimiento
UNEP, 1991	Manual de asesoría para la reducción de emisiones y residuales.	<ul style="list-style-type: none"> • Pre evaluación • Balance de materiales • Síntesis
Ministerio Holandés de Asuntos Exteriores	Manual de asesoría para la reducción de emisiones y	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación. • Organización

	residuales	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación • Factibilidad • Implementación
--	-------------------	--

Tabla # 2. Metodologías para la evaluación de la producción más limpia en plantas. Según el Programa la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) 2001.

1.7.1 Principios de la evaluación rápida en planta aplicada a la planta de preparación del mineral.

Para la realización de nuestro trabajo hemos tomado como referencia la metodología para la evaluación de las potencialidades de PML establecida por el Programa de la Organización Nacional de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) 2001. La cual como se aprecia en la figura # 2 consta de dos etapas una primera etapa donde se recomienda realizar una Evaluación Rápida en Planta y la segunda etapa lo constituiría la Evaluación Profunda en Planta.

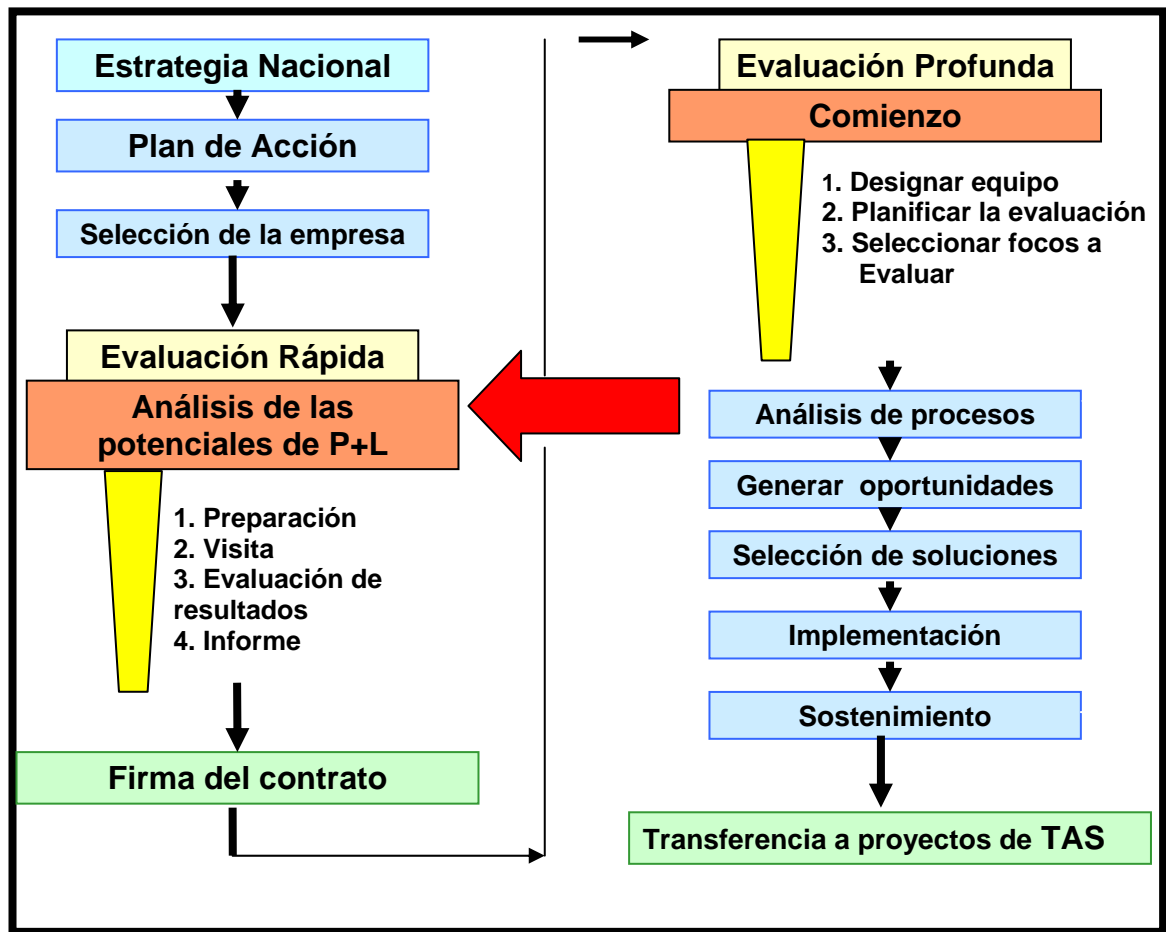


Fig. # 2 Esquema de las etapas que componen la evaluación de PML según el Programa de la Organización Nacional de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) 2001. Para la evaluación rápida de las potencialidades de PML según (ONUDI) 2001.

En la Planta de Preparación del Mineral de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, como alternativas para aumentar la eficiencia y productividad de su proceso productivo bajo consideraciones de mejora competitiva y respeto al medio ambiente y determinación de ineficiencias en el uso y manejo de los recursos naturales (mineral, agua, energía).

1.7.2 Los objetivos principales de la evaluación en la planta de preparación de mineral son los siguientes.

Convencer a directivos y empleados de los beneficios de la aplicación de las prácticas de P+L.

Identificar los problemas ambientales que pueden tener solución a partir de la aplicación de las opciones de P+L.

Identificar aquellas opciones que requieran de una revisión más rigurosa para pasar a la etapa de Evaluación Profunda en Planta.

1.7.3 En la planta se identificaron como opciones para aplicarles prácticas de P+L a:

Los sistemas de calentamiento: fugas en tuberías y aislamientos, cantidades de combustible consumidos por encima de los establecido.

Manejo del agua: cantidades consumidas durante limpiezas, fregados.

Capítulo II.

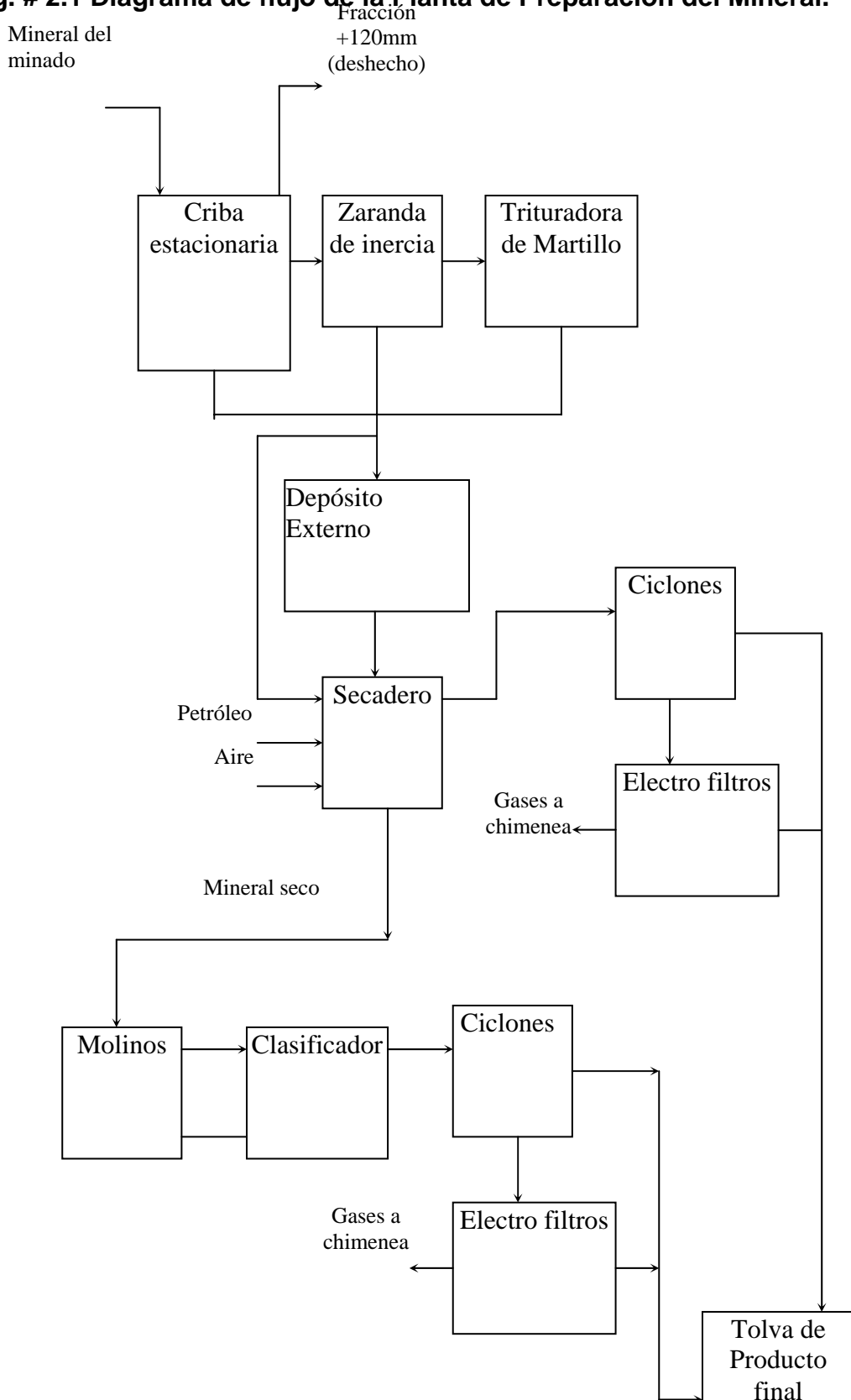
2. 1 Flujo tecnológico de la Planta de Preparación de Mineral.

El mineral de la mina se transporta hacia la planta de preparación de mineral con ayuda de camiones Euclid R-60 y Volvo A-35C, que se descargan en las cribas estacionarias de la sección de recepción y trituración primaria. Estas cribas estacionarias permiten la separación de la fracción + 120 mm (rechazo). La otra fracción – 120 mm cae en los alimentadores de estera que poseen una capacidad de 600-1500 ton/h. Estos alimentadores posibilitan el suministro de mineral a unas zarandas de inercia de capacidad 1750 ton/h, las que se encargan de clasificar el mineral en dos fracciones: la de –120 mm las cuales caen directamente en dos transportadores de banda y la fracción +120 mm pasa a la trituradora de martillos donde es reducido hasta una fracción entre 20 a 40 mm, de igual forma este mineral es recogido por las bandas transportadoras que recorren a todo lo largo de las descargas de los alimentadores de esteras, en las zarandas de inercia y las trituradoras. Estas bandas transportadoras (TR- 1A Y 1B) descargan el mineral sobre un transportador de banda TR- 2 el cual tiene una capacidad de 1800 ton/h. Este descarga el mineral sobre un transportador de menor dimensión TR-3, el cual descarga el mineral sobre dos transportadores TR- 4A y 4B de capacidad 1800 ton/h cada uno. Estos transportadores descargan el mineral en el depósito exterior de homogenización. Todo este mineral desde el depósito exterior pasa por un sistema de bandas transportadoras que alimentan a los secadores.

El mineral al entrar al secador lo hará con una humedad aproximada de 38.5 % y saldrá con 4.5%. Para lograr esto el secador posee una cámara de combustión marca Voltor, de fabricación española cilíndrica con dimensiones de 11 m de largo y 3.7 m de diámetro la cual, lleva instalado un solo quemador ayudado por tres ventiladores para la obtención de la combustión de los gases completa. Los gases dentro de la cámara alcanzan 1200 a 1300o C y dentro del tambor bajan hasta 850 - 900o C.

Con la entrada de estos gases y a esta temperatura, al ponerse en contacto con los gases calientes y el mineral permite que este último comience a secarse. Los gases al salir del secador tendrán una temperatura de 80o C.

Fig. # 2.1 Diagrama de flujo de la Planta de Preparación del Mineral.



2.1.1 Descripción del proceso tecnológico.

El proceso de secado de un material va destinado a eliminar el agua presente en el mismo para poder ser tratado posteriormente de acuerdo a los requerimientos tecnológicos. El principio físico del secado está caracterizado simultáneamente por una transferencia de calor y masa. Mientras en la superficie de la sustancia pueda considerarse húmeda, se produce un proceso de evaporación superficial en el que la velocidad de extracción de la humedad llamada **VELOCIDAD DE SECADO** estará afectada por la transferencia de calor y de masa en la superficie del material.

Secado en tambores rotatorios.

Estos equipos no son más que cilindros alargados formados por una cámara de combustión donde se producen los gases calientes que van a secar el mineral, por el cilindro donde el mineral recibirá el proceso de secado. Poseen en su interior elementos levantadores que son los encargados de permitir la transferencia de calor entre el gas caliente y el mineral. Además el tambor secador posee un sistema motriz, acoplado al cuerpo de este que le permite rotar alrededor de su eje. El tambor secador exteriormente se apoya en dos llantas que posee sobre dos pares de rodillos.

Sistema de limpieza de gases del secador.

El polvo que es barrido por los gases del interior de cada secador es introducido en un sistema de colección de polvo formado por dos baterías de 4 ciclones cada una, de eficiencia 73 % y diámetro 1800 mm y por un electro filtro de 4 polos que trabajan con una tensión de 75000- 80000 volts y eficiencia 99.6 %. Esto significa que del 25 % del polvo arrastrado por los ventiladores de tiro de cada secador el 73.0 % se quedara colectado en las tolvas de los ciclones y 27 % restante llegara a los electro filtros, previo paso por una zona llamada embudos muertos donde también se colectará cierta cantidad a merced de la caída brusca de presión.

Los gases una vez limpios son enviados a la atmósfera debido a la

succión y tiro forzado que crea un ventilador colocado al final de cada filtro eléctrico atravesando una chimenea de 140 m de altura. La concentración de polvo que debe salir a la atmósfera debe ser 200 mg/m³.

2.1.2 Características fundamentales que definen el proceso de secado.

Características del mineral alimentado.

La granulometría y la humedad son elementos esenciales que entran a relacionarse directamente. Si el mineral alimentado al secador es demasiado fino dificulta el proceso de secado debido fundamentalmente a que se elimina solo el agua superficial, quedándose el agua interna o reticular que ayuda a la aglomeración del mineral, provocando un aumento de humedad en el producto secado. Este tipo de mineral aumentará el consumo de petróleo, trayendo consigo una disminución de la eficiencia operativa de los equipos, disminuyendo a la vez la alimentación de mineral para poder obtener el parámetro deseado. De todo esto se desprende que es necesario homogenizar el mineral para obtener una relación de los minerales a alimentar que en este caso sería LB/SB = 3, que quiere decir que la mezcla del mineral debe estar formada por 3 partes de limonita y 1 parte de serpentina. Todo esto ayudará a mejorar el proceso de secado del mineral y a su vez disminuye el consumo de petróleo y se mejora la eficiencia de los tambores secadores.

Tiempo de retención del mineral.

Este factor determina el tiempo medio necesario de permanencia del mineral dentro del secador para que sea tratado de forma adecuada.

Este tiempo se determina de forma experimental y es importante conocerlo para garantizar un producto con las características correctas:

$$T = 0.00783 \times L = 40 - 45 \text{ min.}$$

$$Sd \times D \times N$$

Donde

T – tiempo, (h)

L – longitud, (m)

Sd – inclinación, (m/m)

D – diámetro, (m).

N – velocidad de rotación, (rpm).

Velocidad del gas.

Esta velocidad es importante y se calcula sobre la base de la capacidad del secador. Una gran velocidad de los gases calientes provoca poco contacto entre las fases (gases y mineral) produciendo un secado deficiente del mineral, aumentando también un alto consumo de petróleo para dar más calor a estos gases influyendo en el costo de operación de la planta.

Si la velocidad de los gases es baja (por avería o mala operación) puede provocar un recalentamiento de la superficie del secador y a la vez deficiente secado a la saturación de los gases calientes y también el recalentamiento en la cámara de combustión con posible desprendimiento de ladrillos. Todo señala que la velocidad de los gases debe ser la adecuada, para garantizar una buena operación del secado del mineral. La cual oscila entre 10-15 m/s.

Temperatura del aire o gas.

La velocidad depende directamente de la temperatura por lo que ocurrirá lo descrito en el aspecto anterior: Si los gases son muy calientes se afecta el sistema de colección de polvo en los electros filtros puesto que la eficiencia decae producto de que los gases arrastran el polvo por tener más velocidad. También pueden dañarse los elementos sensores de este sistema de colección de polvo.

Diámetro del secador.

Con un diámetro pequeño la cortina de mineral que se forma recorre un tramo muy corto lo que no lo permite estar mayor tiempo en contacto con los gases. Todo lo contrario ocurre cuando se usa un diámetro grande. El diámetro se calcula en dependencia de la cantidad de mineral, entre otras cosas, y no puede ser infinitamente grande porque el consumo de energía es proporcional al diámetro y a la carga del tambor secador.

Longitud del secador.

También se tiene en cuenta desde el punto de vista de la capacidad del secador, esta longitud debe ser tal que permita el secado de mineral que se

alimenta hasta la humedad requerida a la máxima capacidad.

En la primera mitad del tambor la humedad se elimina en mayor cuantía por estar los gases mas calientes, siendo requerida la longitud restante para liquidar una cantidad pequeña de humedad.

Pendiente del secador.

Este permite que el mineral se vaya arrastrando a la velocidad adecuada hasta la descarga del secador. Para equipos largos este ángulo oscila entre 2.5 hasta 3 grados y para los cortos llega hasta 6 grados.

Capacidad de los levantadores del secador.

Estos son los elementos fundamentales que intervienen en el secado, puesto que mediante ellos es posible elevar el material y dejarlo caer en forma de cortinas, lo que permite el contacto con los gases calientes.

Según el secador rota las paletas recogen el mineral y lo hacen caer en cascadas en finas corrientes paralelas. El aire caliente fluye a través del cilindro entre las cortinas formadas que caen. La capacidad de los levantadores depende de la altura radial de las paletas y el número de cortinas que cae depende del número de las paletas o levantadores.

Número de levantadores.

Se tiene en cuenta el mineral alimentado, su humedad y el diámetro del tambor: Como este mineral se necesita dividirlo para hacer más finas las cortinas y aprovechar más el calor de los gases.

Cuando el diámetro del secador es grande, si disminuimos el número de levantadores la altura de caída aumentará.

2.1.3 Características de los productos terminados. Materias primas y materiales auxiliares.

Producto terminado.

Se considera producto terminado en esta Planta a todo el mineral que cumple las normas de humedad y fineza establecidas para los procesos, que se almacena en las tolvas del producto final de la sección de moliendas y que posteriormente se transporta neumáticamente hasta los silos de almacenaje de mineral seco y molido de la Planta de Hornos de Reducción.

Este producto se forma con el material entregado por el circuito de los

molinos, por el arrastre de polvo producido en los tambores secadores, el que se recupera por un sistema de recolección de limpieza de gases, por el polvo recolectado en el sistema de limpieza de gases de la sección de molienda y de la Planta de Hornos de Reducción.

Las propiedades físico – químicas de este producto son.

Humedad de salida 4,5 a 5,5 %

Fineza + 0.149 mm 5 %

0.074 mm 85-87 %

0.044 mm 73 %

0.149 + 0.74 mm el resto.

Angulo de reposo: 15(

Contenido promedio de:

Ni 1.25 – 1.28 % AL 2 03 7.49 %

Fe (39 % Si 02 (libre) 1.94 %

Co 0.099 % Si 02 (Total) 10.71 %

MgO 5-8,1 % Cromo 1.62 %

Materia prima necesaria. Características.

El Mineral debe poseer una relación LB/SB = 3 que quiere decir que la mezcla del mineral serpentínico y el mineral limonítico debe estar formado por 3 partes de limonita y 1 parte de serpentina.

La humedad de entrada de mineral debe ser del orden de 38%, su composición química en base seca será Ni: 1.25 – 1.279 %, Fe > 39 % y Co 0.099 %. Su peso volumétrico será 1.12 t/m³ base seca.

La granulometría debe comportarse aproximadamente cómo sigue:

> 50 mm	2.94 %
30 – 50 mm	2.47 %
25 – 30 mm	1.54 %
15 – 25 mm	2.81 %
10 – 15 mm	4.28 %
6.7 – 10 mm	2.34 %
4.6 – 6.7 mm	2.81 %
1.0 – 4.0 mm	2.54 %

0.5 – 1.0 mm	0.64 %
0.25 – 0.5 mm	0.96 %
0.1 – 0.25 mm	2.32 %
0.08 – 0.1 mm	1.21 %
0.063 – 0.08 mm	0.99 %
0.007- 0.063mm	71.91 %
> 0.007 mm	0.24 %
	100 %

Materiales auxiliares:

Petróleo:

El petróleo se suministra a la planta para combustionarlo en las cámaras de combustión de los secaderos. El mismo transfiere calor al aire en exceso que también se adiciona a las cámaras de combustión de los secaderos, formando así una masa de gases calientes capaces de secar el mineral que entra en el tambor secador.

Las características del petróleo son:

Marca : fuel oil

Poder calorífico 9660,7 Kcal./Kg.

Viscosidad cinemática 2.5 – 3(E

Temperatura de suministro 110 (C

Características químicas

Carbono fijo: 86,58 %

Hidrógeno: 10.52 %

Azufre: 2,5 %

N2 + O2: 0,40 %

Marca crudo mejorado:

Poder calórico 9350 Kcal. / Kg.

Viscosidad cinemática 50 (C 650 CSTOK a 80(C 180 CSTOK

Temperatura de suministro 130-140 (C

Carbono fijo: 81 %

Hidrógeno: 10 %

Azufre: 5.8 %

N₂ + O₂: El resto.

Gases de combustión de los hornos.

Estos son usados en las cámaras de los secaderos con el fin de disminuir el consumo de petróleo en la formación de los gases calientes necesarios para el secado.

Poseen las siguientes características:

Temperatura 200 – 250 (C

CO 2-3 % H₂ 1.2%

CH₄ 0.4 % CO₂ 10.2%

N₂ Resto

Z: 2 00 mg/m³ (Concentración de polvo)

P: 2,3 – Kpa = 0, O₂ 3 – 0,03 Kg /cm² (mm H₂O)

Cantidad: 58 000 m³/h

Aire

Este fluido es usado en la planta bajo dos condiciones:

Aire para el transporte neumático con características.

Presión: 2,5 - 3 kgf/cm²

Flujo: 60 m³/ min.

Debe ser aire seco para evitar condensaciones.

Aire para instrumentación con características.

P: 8-8.5 kg/cm²

Filtrado, desgrasado y secado en absorbedores regenerativos de sílice gel hasta un punto de rocío de 20 (C.

Aire comprimido seco para la limpieza del quemador.

Consumo máximo 40 m³/h.

Presión 5 bares.

Ver figura Fig. 1 del Anexo 2 (Roca de Fondo. Tierra serpentín izada. Serpentina medio dura; serpentina medio dura y parcialmente descompuesta).

2.2 Evaluación del impacto ambiental en la Planta de Preparación del Mineral.

Se sabe que esta planta se caracteriza por tener un gran nivel de ruido, vibraciones y altura. En este taller se efectúa el proceso de preparación del mineral que consiste en secado y molienda, lo que provoca la producción de grandes cantidades de polvo, que aunque el proyecto previó todas las medidas de seguridad para evitar la contaminación ambiental, siempre existe la posibilidad de salideros. Las posibles afectaciones de éstos polvos al organismo humano es necesario determinarlo por medio de una investigación profunda en el campo de la medicina laboral.

No obstante en esta planta se hace necesario el uso de equipos de protección para las vías respiratorias, oídos y ojos, para evitar las molestias provocadas por las características del proceso. El uso del casco protector de cabeza, guantes y botas tiene que ser permanente, también es necesario poseer en la planta capas de agua y cinturones de seguridad, para realizar trabajos en áreas sin techos y grandes altura, respectivamente.

En este taller es imprescindible que todas las escaleras estén en buen estado y que se preparen los andamios que sean necesarios para realizar las reparaciones y las limpiezas.

2.3 Efluentes de la producción.

La Planta cuenta con 2 efluentes principales emanados de 2 sistemas de limpieza de gases (electrofiltros) situados en la sección de Secaderos y Molinos los que presentan las siguientes características.

. Efluentes de Molinos.

Los gases que salen de los molinos, que atraviesan los electrofiltro y salen por la chimenea contienen los siguientes:

CO₂ - 3,48 %; H₂O - 2 %; O₂ - 10,6 %; N₂ - Restante;

Concentración de polvo en los gases 0,2 g/m³

T = 57 (C).

Flujo de gases para la chimenea 102 640 m³ /h

Estos gases son expedidos a la atmósfera hasta una altura de 160 m. La

concentración de polvo no es perjudicial, además la altura a la que son expulsados evita la contaminación ambiental.

. Efluentes de Secaderos.

Los gases que salen de secaderos y que atraviesan los electros filtros, salen a la atmósfera a través de una chimenea. El contenido de gases es:

- a) CO₂ 6,08 %.
- b) CO 0,09 %.
- c) H₂O 36,8 %.
- d) O₂ 1,12 %.
- e) S₀₂ Trazas.
- f) N₂ Restante.

Concentración de polvo en los gases 0,2 g/m³

Flujo de gases a la chimenea 180 048,27 m³ /h.

Estos gases, al igual que en los molinos son expulsados hacia la atmósfera a una altura de 10 m. La concentración de polvo no es perjudicial porque se diluye con facilidad. No existe peligro de contaminación ya que la cantidad de polvo es pequeña en el volumen que se encuentra.

3. Balance material y de Energía de la planta.

Para realizar el balance del proceso se comenzó por el balance de masa, el cual se muestra a continuación. El balance de masa de un proceso industrial el se realiza con las perspectivas que con el fin de realizar una valoración de la cantidad de materias primas que entran al proceso, las que salen y las que se acumulan en un momento dado. El principio fundamental en que se basan los cálculos de balance de materia es en la ley de la conservación de la masa independiente con igual número de variables.

3.1 Cantidad de agua evaporada.

Está en dependencia de la cantidad de mineral alimentado a secadero, la humedad del mineral a la entrada y a la salida del secadero; que en esta parte tenemos como dato o mejor dicho lo conocemos, los cuales son los siguientes.

$$A = 130 \text{ t/h}$$

$$W_1 = 38,9 \%$$

$$W_2 = 4,3 \%$$

Donde

- W_1 → humedad del mineral a la entrada a secadero (%).
- W_2 → humedad del mineral a la salida del secadero (%).
- A → alimentación del mineral a secadero (t/h).

ya tenido los datos iniciales se realiza el cálculo.

$$C_{H_2O \text{ evaporada}} = \frac{(130 * 1000) * (38,9 - 4,3)}{(100 - 4,3)}$$

$$C_{H_2O \text{ evaporada}} = 47001,04 \text{ kg / h}$$

3.2 Mineral a la entrada del secadero.

Está en dependencia de la alimentación del mineral a secadero y de la humedad a la entrada del mineral a secadero; donde los datos se dan a continuación.

$$A = 130 \text{ t/h}$$

$$W_1 = 38,9 \%$$

Donde

- A → alimentación del mineral a secadero (t/h).
- W_1 → humedad del mineral a la entrada a secadero (%).

$$M_{\text{sec oenlaentrada}} = (130 * 1000) - (130 * 1000 * 38,9 / 100)$$

$$M_{\text{sec oenlaentrada}} = 79430,00 \text{ kg / h}$$

3.3 Mineral a la salida del secadero.

Está en dependencia de la alimentación del mineral a secadero y de la humedad a la entrada del mineral a secadero; donde los datos se dan a continuación.

$$A = 130 \text{ t/h}$$

$$W_1 = 38,9 \%$$

Donde

- A → alimentación del mineral a secadero (t/h).
- W_1 → humedad del mineral a la entrada a secadero (%).

$$M_{\text{seco en la entrada}} = (130 * 1000) - (130 * 1000 * 38,9 / 100)$$

$$M_{\text{seco en la entrada}} = 79430,00 \text{ kg / h}$$

3.4 Cálculo del agua en el mineral a la entrada.

Esta va a estar en dependencia del mineral seco a la entrada del mineral a secadero y del mineral alimentado a secadero, donde los datos se dan a continuación.

$$A = 130 \text{ t/h}$$

$$M = 79430,00 \text{ kg/h}$$

Donde

- $A \rightarrow$ alimentación del mineral a secadero (t/h).
- $M \rightarrow$ mineral seco del mineral a la entrada a secadero (Kg./h).

$$H_2O_{\text{del mineral a la entrada}} = (130 * 1000 - 79430,00)$$

$$H_2O_{\text{del mineral a la entrada}} = 50570,00 \text{ kg / h}$$

3.5 Cálculo del agua en el mineral a la salida.

Esta va a estar en dependencia del mineral seco a la entrada del mineral a secadero y del mineral alimentado a secadero, donde los datos se dan a continuación.

$$M_{\text{seco a la salida}} = 79430,00 \text{ kg/h}$$

$$W_2 = 4,3 \text{ (\%)}$$

Donde

- $M_{\text{seco a la salida}} \rightarrow$ mineral seco a la salida del secadero (kg/h)
- $W_2 \rightarrow$ humedad del mineral a la salida del secadero (%).

$$H_2O_{\text{del mineral a la salida}} = (79430,00 * 4,3 / 100)$$

$$H_2O_{\text{del mineral a la salida}} = 3415,49 \text{ kg / h}$$

3.6 Cantidad de mineral en la descarga.

Está en dependencia del mineral seco a la salida y de la humedad con que sale el mineral de secadero, cuyos datos se dan a continuación.

$$W_2 = 4,3 \text{ \%}$$

$$M_{\text{seco a la salida}} = 79430,00 \text{ kg/h}$$

Donde

➤ $M_{\text{sec a la salida}}$ → mineral seco a la salida del secadero (kg/h)

➤ W_2 → humedad del mineral a la salida del secadero (%).

$$C_{\text{Mineral a la salida}} = (79430,00 + (79430,00 * 4,3 / 100))$$

$$C_{\text{Mineral a la salida}} = 82845,49 \text{ kg / h}$$

3.7 Flujo de mineral seco (kg/h).

Está en dependencia de la alimentación del mineral a la salida del secadero, donde se calcula de la siguiente forma.

$$\text{Flujo } M_{\text{seco}} = (79,430 * 1000)$$

$$\text{Flujo } M_{\text{seco}} = 79430 \text{ kg / h}$$

4. Cálculo de los moles de oxígeno necesario.

➤ En el caso del carbono.

$$\text{Moles de oxígeno necesario} = \frac{(\%C / 100)}{M(C)}$$

$$\text{Moles de oxígeno necesario} = \frac{(84,5 / 100)}{12}$$

$$\text{Moles de oxígeno necesario} = 0,0704$$

➤ En el caso del H₂.

$$\text{Moles de oxígeno necesario} = \frac{(\%H_2 / 100)}{M(H_2)}$$

$$\text{Moles de oxígeno necesario} = \frac{(10,5 / 100)}{(2 * 1) / 2}$$

$$\text{Moles de oxígeno necesario} = 0,02625$$

➤ En el caso del S.

$$\text{Moles de oxígeno necesario} = \frac{(\%S / 100)}{M(S)}$$

$$\text{Moles de oxígeno necesario} = \frac{(2 / 100)}{32}$$

$$\text{Moles de oxígeno necesario} = 0,000625$$

4.1 Total de moles de oxígeno necesarios.

$$T_{\text{moles de oxígeno necesarios}} = \text{moles de oxígeno necesarios de } (C, H_2 \text{ y } S)$$

$$T_{\text{moles de oxígeno necesarios}} = 0,09729$$

4.2 Cantidad de moles de oxígeno en el petróleo.

En este caso va a estar en dependencia de la composición del combustible es decir del oxígeno y del nitrógeno y de las masas molares de cada uno de ellos; donde está dado por la siguiente ecuación.

$$\text{Cantidad moles}_{O_2 \text{ en el petróleo}} = \frac{(0,45/100)}{(2 * 16)}$$

$$\text{Cantidad moles}_{O_2 \text{ en el petróleo}} = 0,00014$$

4.3 Cantidad de moles de oxígeno reales.

Va a depender del total de moles de oxígeno necesarios con relación de los siguientes elementos(C, S y H₂) y de los moles de oxígeno en el petróleo.

$$\text{Cantidad moles}_{\text{oxígeno reales}} = 0,09729 - 0,00014$$

$$\text{Cantidad moles}_{\text{oxígeno reales}} = 0,09715$$

4.4 Cantidad de aire teórico.

Va a depender de la cantidad de moles de oxígeno reales, pero también se utiliza el volumen de oxígeno por 22.4 que es el volumen de un mole de sustancia y se dividió entre 0.21 que es el por ciento volumétrico de oxígeno en el aire, donde se determina de la siguiente forma.

$$\text{Cantidad de aire}_{\text{teórico}} = \frac{(0,09715 * 22,4)}{0,21}$$

$$\text{Cantidad de aire}_{\text{teórico}} = 10,36 \text{ m}^3 \text{ n / kg petróleo}$$

4.5 Cantidad de aire práctico.

$$\text{Cantidad de aire}_{\text{práctico}} = \text{cantidad de aire}_{\text{teórico}} * \text{exceso de aire}$$

$$\text{Cantidad de aire}_{\text{práctico}} = (10,36 * 1,85)$$

$$\text{Cantidad de aire}_{\text{práctico}} = 19,17 \text{ m}^3 \text{ n / kg petróleo}$$

4.6 Cantidad de agua introducida por el aire.

$$\text{Cantidad}_{H_2O} \text{ introducida} = \text{cantidad de aire}_{\text{práctico}} * (0,019 * 29/18)$$

$$\text{Cantidad}_{H_2O} \text{ introducida} = 0,59 \text{ m}^3 \text{ n / kg petróleo}$$

4.7 Volumen de aire seco a utilizar.

Está en dependencia de la cantidad de combustible teórico (kg/h) y de la cantidad de aire práctico ($m^3n/kg\text{petróleo}$), que se puede calcular de la siguiente forma.

$$V_{\text{aire seco}} = (19,17 * 3045)$$

$$V_{\text{aire seco}} = 58376,12m^3n/h$$

4.8 Cantidad de agua en el aire seco.

Va a depender de la cantidad de aire práctico ($m^3n/kg\text{petróleo}$) y por 0.036 que es el volumen de agua por metros cúbicos de aire seco, donde se puede determinar de la siguiente forma.

$$C_{H_2O} \text{aire seco} = (0,036 * 19,17)$$

$$C_{H_2O} \text{aire seco} = 0,69m^3n/kg\text{petróleo}$$

4.9 Cantidad de agua en el aire seco.

Esta en dependencia del volumen de aire seco a utilizar (m^3n/h) y por 0.036 que es el volumen de agua por metros cúbicos de aire seco, donde se puede determinar de la siguiente forma.

$$C_{H_2O} \text{aire seco} = (58376,12 * 0,036)$$

$$C_{H_2O} \text{aire seco} = 2101,54m^3n/h$$

4.10 Vapor de agua formado por la combustión.

Va a depender de los moles de oxígeno necesarios con respecto al H_2 y por 22.4 que es el volumen de un mole de sustancia, se puede determinar de la siguiente forma.

$$Vapor_{H_2O} \text{por la combustión} = (0,02625 * 2 * 22,4)$$

$$Vapor_{H_2O} \text{por la combustión} = 1,18m^3n/kg\text{petróleo}$$

4.11 Cantidad total de agua en los gases.

Va a depender de la cantidad de agua en el aire seco ($m^3n/kg\text{petróleo}$) y del vapor de agua formado por la combustión ($m^3n/kg\text{petróleo}$), se puede determinar de la siguiente forma.

$$\text{Cantidad } H_2O_{\text{gases}} = (0,69 + 1,18)$$

$$\text{Cantidad } H_2O_{\text{gases}} = 1,87 \text{ m}^3 \text{ n / kg petr} \acute{o} \text{leo}$$

4.11. Cantidad total de CO2 formado.

Va a depender de los moles de oxigeno necesarios con respecto al CO2 y por 22.4 que es el volumen de un mole de sustancia, se puede determinar de la siguiente forma.

$$\text{Cantidad total}_{CO_2 \text{ formado}} = (0,070416 * 2 * 22,4)$$

$$\text{Cantidad total}_{CO_2 \text{ formado}} = 1,58 \text{ m}^3 \text{ n / kg petr} \acute{o} \text{leo}$$

4.12. Volumen de aire húmedo en al cámara de combustión.

Va a depender del volumen de aire seco a utilizar ($\text{m}^3 \text{ n / kg petr} \acute{o} \text{leo}$) y de la cantidad de agua en el aire seco ($\text{m}^3 \text{ n / h}$), se puede determinar de la siguiente forma.

$$\text{Vaire húmedo}_{\text{Cámaracombustión}} = (58376,12 + 2101,54)$$

$$\text{Vaire húmedo}_{\text{Cámaracombustión}} = 60477,66 \text{ m}^3 \text{ n / h}$$

4.13. Cantidad de oxígeno en los gases.

Depende de la cantidad de aire en exceso, de la cantidad de aire teórico y por 0.21 que es el por ciento volumétrico de oxigeno en el aire, se puede determinar de la siguiente forma.

$$\text{Vaire húmedo}_{\text{Cámaracombustión}} = (58376,12 + 2101,54)$$

$$\text{Vaire húmedo}_{\text{Cámaracombustión}} = 60477,66 \text{ m}^3 \text{ n / h}$$

Sabemos que la cantidad de nitrógeno se calcula multiplicando, la cantidad de aire que entra en la cámara de combustión por el por ciento volumétrico del nitrógeno en el aire 79%, esto es solo para el caso para tenerlo en $\text{m}^3 \text{ n / h}$ donde influye un dato muy importante que es la cantidad de combustible teórico (kg/h). Después de realizado estos cálculos se construyo una tabla con el volumen y la composición de los gases en la cámara de combustión.

Ver tabla # 1 del Anexo 2.

Luego se calculó el calor introducido por el combustible, el cual es igual al calor de combustión del combustible, más su calor sensible.

$$Q_{combustion} = VCI * Ap$$

$$Q_{sensible} = Ap * Cp_p * \Delta t$$

Donde:

VCI – poder calorífico inferior del combustible

Ap – cantidad de combustible alimentado

La cantidad de combustible alimentado y el poder calorífico inferior se conocen, el calor específico se calcula según Perry por la siguiente formula:

$$Cp_p = \frac{0.383 + 0.00045 * T}{g_e}$$

g_e – Gravedad especifica a 25°C = 1.82kj/kg°C

Para calcular la temperatura en la cámara de combustión, primero se calcularon los calores específicos de cada elemento existente en los gases por las siguientes ecuaciones según **Perry**:

$$Cp_{CO_2} = 10.34 + 0.00274T - \frac{195500}{T^2}$$

$$Cp_{O_2} = 8.27 + 0.000258T - \frac{18770}{T^2}$$

$$Cp_{N_2} = 6.5 + 0.001T$$

$$Cp_{H_2O} = 8.22 + 0.00015T + 0.00000134T^2$$

Luego se calculó el calor específico medio de los gases, multiplicando el calor específico de cada elemento por el contenido de este en el gas, esta a su vez se convirtió a unidades de volumen al dividirla entre 22.4. Luego de tener el calor específico medio de los gases, se calculó la temperatura por la siguiente formula:

$$Tg = \frac{Q1}{Vg * Cp_g} + 25^\circ c$$

Donde

Q1 – calor aportado por el petróleo

Vg – Volumen de los gases en la cámara de combustión

Cp_g – calor específico medio de los gases

- Los valores de temperatura en la cámara de combustión estarán entre 1400 y 1410 °c.

Al entrar al secadero el exceso de aire será de 2.9, al multiplicar esta por la cantidad de aire seco necesario para la combustión de un kilogramo de combustible, se obtuvo la cantidad de aire seco, para la combustión de un kilogramo de combustible, a la salida de la cámara de combustión. Esta a su vez, se multiplicó por la cantidad de combustible, y se obtuvo la cantidad de aire que sale de la cámara de combustión la cámara de combustión. Para calcular la cantidad de agua que entra con el aire, se convirtió a kmol la cantidad de aire necesario para la combustión de un kilogramo de combustible, dividiéndola por 22.4. El valor obtenido del cálculo anterior se multiplicó por 0.0306, que es la cantidad en mole de agua en el aire seco, y se multiplicó nuevamente por 22.4, para convertirla en metros cúbicos, su magnitud inicial. Los cálculos anteriores trajeron como resultado la cantidad de agua introducida por el aire a la salida de la cámara de combustión para la combustión un kilogramo de combustible. A su vez a este resultado se le sumó la cantidad de aire seco a la salida de la cámara de combustión para la combustión de un kilogramo de combustible. La cantidad de nitrógeno para la combustión de un kilogramo de combustible, se calculó multiplicando la cantidad de aire por el por ciento volumétrico de nitrógeno en el aire. La cantidad de oxígeno se calculó multiplicando el aire que no reacciona con el por ciento volumétrico de oxígeno en el aire. Donde, basados en estos cálculos, y sumándolos a su vez con los de la tabla # 1 se obtuvo la tabla #2.

Ver tabla # 2 del Anexo 2.

Luego el volumen total de aire parásito se toma igual al 3% del volumen de los gases a la salida de la cámara de combustión. Conociendo este valor se multiplicó por 0.0348 (3.4% agua en el aire parásito), y se obtuvo la cantidad de agua en el aire parásito y al restarle esta a la cantidad total de aire parásito, se obtuvo la cantidad de aire parásito absolutamente seco. Conociendo los porcentos de oxígeno y nitrógeno en el aire se calculó su cantidad. Sumando los resultados con los de la tabla #2 se obtuvo la tabla # 3.

Ver tabla # 3 del Anexo 2.

Para calcular el calor específico de cada componente de los gases, se utilizaron las mismas ecuaciones que se tomaron del **Perry**, para calcularlo en la cámara de combustión, dado que según el intervalo de temperatura en este reflejado, se pueden usar en ambos casos y en general en todas las partes de este trabajo. Se calculó el calor específico medio de los gases, y se llevo a metros cúbicos como en la ocasión anterior. Luego se calculó la temperatura de los gases utilizando también la misma formula que en la cámara de combustión. La cantidad de agua evaporada por el secador se calculó por balance material en el capítulo anterior. Esta cantidad se multiplico por 22.4 y se divididio por su masa molar, como resultado se obtuvo el volumen de agua evaporada por el secador. Este valor se sumo a la tabla # 3, y se obtuvo la tabla # 4.

Ver tabla # 4 del Anexo 2.

El dióxido de azufre se despreció por hallarse en poca cantidad, 0.014 metros cúbicos por kilogramo de combustible, según el cálculo realizado. Se considera que los gases residuales de los Hornos de reducción se postcombustionan, hasta un 90 % en la cámara de combustión de los secaderos. Se asume que la eficiencia mecánica operativa de los secaderos es de 95 % y de los hornos de Reducción 90 %. El coeficiente de utilización de los gases residuales será igual al producto de estos, o sea, 0.855. El volumen de los gases asimilado por un secadero será igual a 58 000 m³n/h, que al multiplicarlo por el coeficiente de utilización de los gases será igual a 49590 m³n/h. El volumen y la composición media de los gases a la entrada del secadero se relacionan en la siguiente tabla # 5.

Ver tabla # 5 del Anexo 2.

Conociendo la composición de los gases residuales y su temperatura a la entrada de la cámara de combustión (250°C), conociendo también el calor específico de cada elemento a esa temperatura, se calculó el calor sensible de los gases residuales. Para esto se utilizo la siguiente ecuación:

$$Q_{sensible} = \sum V_g * C_{pgases} * dT$$

Donde V_g es el volumen de cada elemento en los gases, y la diferencia de temperatura esta dada por 250°C y 25°C que es la temperatura ambiente. Para conocer el calor relacionado con los gases residuales, es necesario, no solo el calor sensible de los gases residuales, sino también el calor de combustión de el hidrógeno y el monóxido de carbono. La cantidad de hidrógeno y de monóxido de carbono que combustión, es igual al 90%. Conociendo esto, de la bibliografía se extrajeron los calores específicos de combustión de ambos gases. Luego se multiplicaron estos por la cantidad de hidrógeno y monóxido de carbono que combustionan y se obtuvo el calor de combustión de cada uno. De la suma de estos y el calor sensible de los gases residuales, se obtuvo el calor total relacionado con los gases residuales (Q7). Luego de conocer la cantidad de H_2 y CO que combustión y el calor aportado por cada uno, se calculó la cantidad de aire necesaria para su combustión. Por estequiometria se calculó la cantidad de oxígeno necesaria para la post combustión y la cantidad de agua formada durante esta, conociendo el % volumétrico del oxígeno en el aire se obtuvo la cantidad de aire teórico. La cantidad de aire real para la post combustión, se obtuvo al multiplicar la cantidad de aire teórico por el coeficiente de exceso que para este caso es 2.7. La cantidad total de aire húmedo se calculó sumando la cantidad total de aire seco, más la cantidad de agua en el aire, que es igual a la cantidad de aire seco por 0.036. La cantidad de nitrógeno se calculó con el % volumétrico de este en el aire. La cantidad de oxígeno en los gases se calculó con la cantidad de aire que no participó en la combustión y el % volumétrico de este en el aire. La cantidad de CO_2 formada se calculó por estequiometria. De los cálculos anteriores, se obtiene la tabla # 1.1 acerca del volumen de los gases producto de la combustión complementaria del petróleo.

Ver tabla # 1.1 del Anexo 2.

El consumo real de petróleo es igual a la cantidad de este que se utiliza para el régimen I, ósea, sin gases residuales, menos la cantidad de petróleo equivalente a la energía a portada por los gases residuales. Esta cantidad de petróleo se calcula según la siguiente ecuación.

$$VPE = \frac{Q7}{VCI}$$

Luego de conocer el consumo real de petróleo, se calculó la composición de los gases en la cámara de combustión para esta cantidad de petróleo. Para un 1.7% de exceso de aire, y conociendo la cantidad de aire necesario para la combustión de un kilogramo de petróleo, que es la misma que se calculó en el régimen I, se obtuvo la cantidad de total de aire seco para un kilogramo de combustible. La cantidad de agua introducida por el aire se obtuvo al multiplicar la cantidad de total de aire seco para un kilogramo de combustible por 0.036, a este valor se le sumo la cantidad de vapor de agua formada por la combustión de un kilogramo de combustible y se obtuvo la cantidad de agua en los gases para un kilogramo de combustible. La cantidad de oxígeno en los gases se calculó como en otras ocasiones con la cantidad de aire que no interviene en la combustión del combustible, y el porcentaje volumétrico de este en el aire. De igual manera se obtuvo la cantidad de nitrógeno. De esta manera se determino la composición de los gases a la salida de la cámara de combustión.

Ver tabla # 1.2 del Anexo 2.

El calor introducido por el combustible se calculó del mismo modo que en el régimen I, pero usando la nueva cantidad de combustible.

Luego de esto se calculó la temperatura de los gases en la cámara de combustión. Para ello se calcularon primero los calores específicos de cada uno de los componentes de los gases, luego el calor específico medio de los gases, y usando la misma ecuación que en el régimen I, se obtuvo el valor de temperatura que debe oscilar entre los 1400 y 1410 °c.

Para determinar la composición de los gases a la entrada del secadero, se asume un volumen de aire parásito igual al 3% de los gases que entran al secador. Para la humedad del aire correspondiente (85%), el agua constituye un 3.48% del aire parásito, basado en esto se calculó el aire totalmente seco en el aire parásito. Conociendo ya la cantidad de aire seco se determinó la cantidad de nitrógeno y oxígeno en el aire parásito. Luego de

esto se obtuvo el volumen y la composición de los gases a la entrada del secadero.

Ver tabla # 1.3 del Anexo 2.

Para calcular la temperatura de los gases a la entrada del secador se necesita conocer el calor de los gases al entrar a este. Para esto se utilizó la siguiente fórmula.

$$Q_{\text{entrada}} = Q_1 + Q_7 + Q_5 + Q_6$$

Donde:

Q1 – Calor sensible y de reacción aportado por el petróleo

Q7 – Calor sensible y de reacción aportado por los gases residuales

Q5 – Calor sensible suministrado por el aire primario

Q6 – Calor sensible suministrado por el aire de pulverización

Como la temperatura de Q5 y Q6 se iguala a la temperatura ambiental, la variación de entalpía de estas se hace 0, por tanto $Q_5 = Q_6 = 0$. Entonces:

$$Q_{\text{entrada}} = Q_1 + Q_7$$

Luego se necesita conocer el calor específico medio de los gases, para lo que se calcula el calor específico de cada componente de los gases. Conociendo el calor específico medio de los gases, el calor con que entran a secadero y el volumen de estos calculamos su temperatura.

La temperatura de los gases a la entrada del secador, oscila entre 800 y 820 °C, cuando se utilizan los gases de reducción.

Al final se obtuvo el volumen y la composición de los gases a la salida del secador.

Ver tabla # 1.4 del Anexo 2.

Balance de Energía.

Entradas.

Calor sensible y de reacción aportado por el combustible (Q1).

Primeramente tenemos que calcular el calor sensible del combustible, donde este está en dependencia de la temperatura del combustible, del consumo real y de la capacidad calorífica.

Donde

C_p combustible → Capacidad calorífica del combustible (0,4386 Kcal/kg°C)

T combustible → Temperatura del combustible (110 °C)

$Consumoreal$ combustible → Consumo real del combustible (2488,29 kg/h)

$$Calorsensible_{combustible} = 0,4386(110 - 25) * 2488,29$$

$$Calorsensible_{combustible} = 92774,5405$$

Calor de combustión del combustible. (Depende del consumo real del combustible y del poder calorífico inferior).

Donde

$Poder_{calorifico}$ → Poder calorífico inferior (9650 kcal/nm³)

$Consumoreal_{combustible}$ → Consumo real de combustible (2488,29 kg/h)

$$Calorcombustión_{combustible} = (9650 * 2488,29)$$

$$Calorcombustión_{combustible} = 24011981,7$$

Por tanto el calor sensible y de reacción aportado por el combustible (Q1) es.

$$Q_1 = (92774,5405 + 24011981,7)$$

$$Q_1 = 24104756,2 \text{ kcal / h}$$

Calor sensible y de reacción aportado por los gases de la planta de hornos (Q7).

Va a depender del calor de los gases residuales que se encuentra en la tabla 2.1.5 del Anexo y de la tabla 1.5 del Anexo y de la entalpía (ΔH) de los gases residuales.

Donde:

Calor sensible de los gases residuales = 3837990,04 (kcal/h)

Calor de combustión de CO = 1073710,28 (kcal/h)

Calor de combustión de H₂ = 460568,011 (kcal/h)

Calor relacionado con los gases residuales (Kcal/h).

$$Calorrelacionado_{gasesresiduales} = Q_{gases(residuales)} + Q(\text{combustión}_{CO_2}) + Q(\text{combustión}_{H_2})$$

$$Calorrelacionado_{gasesresiduales} = 5372268,34$$

Salidas.

Calor sensible de los gases a la salida del secadero más el calor sensible y latente del agua evaporada (Q3).

Donde:

Agua evaporada = 34712 (kg/h)

Cp vaporización del H₂O = 2283(Kj/kg)

Cp del agua = 4,19 (Kj/kg°C)

Temperatura de salida de los gases = 85 (°C)

Calor sensible de los gases de salida = 5224852,84 kcal/h

Calor de vapor del agua eliminado.

$$Q(H_2O)_{e\ liminado} = (34712 * (4,19 * (85 - 25) + 2283)) / 4,19$$

$$Q(H_2O)_{e\ liminado} = 20996228,9\ kcal / h$$

$$Q_3 = (Q_{gases\ salida} + Q_{vapor_{H_2O\ liminado}})$$

$$Q_3 = 26221081,71\ kcal / h$$

Calor del mineral seco y el agua retenida a la salida del secadero

(Q4)

Donde:

Mineral seco en la entrada = 91000,00 (kg/h)

Agua en el mineral a la salida = 4095,00 (kg/h)

Cp (capacidad calorífica) del mineral = 0,963 (Kj/kg°C)

Temperatura de salida del mineral = 75 (°C)

Cp del agua = 4,19 (Kj/kg°C)

$$Q_4 = ((4,19 * 4095,00 + 91000,00 * 0,963) * (75 - 25)) / 4,19$$

$$Q_4 = 1250489,857\ kcal / h$$

Calor sensible aportado por el aire parásito (Q8).

Para este acápite es necesario calcularlo de la siguiente manera;

$$Q_8 = (Q_1 + Q_7) - (Q_3 + Q_4)$$

$$Q_8 = 2005452,974\ kcal / h$$

Nota:

La temperatura de las corrientes 2, 5 y 6 se igualan a la temperatura ambiental por lo que las variaciones de entalpía se hacen 0 y $Q_2 = Q_5 = Q_6 = 0$ por tanto $Q_1 + Q_7 = Q_3 + Q_4 + Q_8 + Q_9$.

Es por eso que no se hace referencia en el cálculo.

Pérdidas.

Las mismas están dadas por la siguiente ecuación.

$$Q_9 = Q_{convección} + Q_{radiación}$$

Las pérdidas de calor en los Secaderos de Mineral referidas a los fenómenos de Radiación y Convección se encuentran alrededor de un 6 % del calor total aportado. La zona de mayor incidencia es la de la parte cónica o botella del secadero con un 56 % de la energía perdida. Con el objetivo de reducir esta cifra se deben aislar las partes donde no existe o se ha caído el material aislador de calor.

Los cálculos se realizaron a partir del conocimiento de la temperatura de superficie de cada una de las zonas del secadero; esta variable se obtuvo con la ayuda de un pirómetro de alto grado de confiabilidad. Se trabajó con la temperatura promedio.

Las mediciones se llevaron a cabo en el secadero No 2, el cual se dividió en las siguientes partes:

5. Cámara de Paso.
6. Plato frontal de la Cámara de Combustión.
7. Parte cónica o botella del secadero.
8. Tambor secador.

Donde:

A: Área de transferencia, (m^2).

Gr: Número de Grachoft, (adimensional).

hc: Coeficiente de transferencia de calor por convección ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$).

hr: Coeficiente de transferencia de calor por radiación ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$).

P_r : Número de Prandalt, (adimensional).

T_s : Temperatura media de la superficie ($^\circ C$ o K).

T_a : Temperatura del aire, ($^\circ C$ o K).

ε : Coeficiente de emisividad o grado de radiación integral, (adimensional).

σ : Coeficiente de radiación del cuerpo negro = $5,6 \text{ W/m}^2 \text{ k}^4$.

Desarrollo de Cálculos

Cámara de paso

Datos:

$$A = 181.74 \text{ m}^2 \quad T_s = 119.3 \text{ }^\circ\text{C} (392.3 \text{ K})$$

$$T_a = 25 \text{ }^\circ\text{C} (298 \text{ K}) \quad \varepsilon = 0.9$$

Convección libre.

$$(Gr Pr) = 0.34 \cdot 10^9$$

$$\text{Para } 10^9 < Gr Pr < 10^{12}$$

Placas verticales:

$$hc = 1.13 (\Delta T)^{1/3}$$

$$hc = 5.14 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{conv}} = hc \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{conv}} = 88\,043.03 \text{ W}$$

Radiación

$$\varepsilon \cdot \sigma \cdot 10^{-8} (T_s^4 - T_a^4)$$

$$hr = \frac{\varepsilon \cdot \sigma \cdot 10^{-8} (T_s^4 - T_a^4)}{T_s - T_a}$$

$$T_s - T_a$$

Los valores de T_s y T_a deben expresarse en K. Esta ecuación se aplicará en todos los casos.

$$hr = 8.44 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{rad}} = hr \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{rad}} = 144\,602 \text{ W}$$

$$Q_t = 232\,645,03 \text{ W}$$

Plato frontal de la cámara de combustión

Datos:

$$A = 0.160 \text{ m}^2 \quad T_s = 229 \text{ }^\circ\text{C} (502 \text{ K}) \quad \varepsilon = 0.9$$

Convección libre

Para determinar hc se tratará como una placa vertical.

$$hc = 1.13 (\Delta T)^{1/3}$$

$$h_c = 6.65 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{conv}} = 217.1 \text{ W}$$

Radiación

Aplicando la misma ecuación que para el caso 1 se obtiene:

$$h_r = 13.74 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{rad}} = 448.5 \text{ W}$$

$$Q_t = 665,6 \text{ W}$$

Parte cónica o botella del secadero

Datos:

$$A = 129.7 \text{ m}^2 \quad T_s = 285 \text{ }^\circ\text{C} (558 \text{ K}) \quad \varepsilon = 0.9$$

Convección forzada

Velocidad estimada del aire: $v = 3.5 \text{ m/ s}$

$$H_c = 0.0058 + 0.004 \cdot v$$

$$H_c = 19.8 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_c = 667 \text{ 747 W}$$

Radiación

$$H_r = 17.3 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{rad}} = 583 \text{ 320 W}$$

$$Q_t = 1 \text{ 251 067 W}$$

Tambor secador

Datos:

$$A = 606.9 \text{ m}^2 \quad T_s = 83.8 \text{ }^\circ\text{C} (356.8 \text{ K})$$

Para el aluminio $\varepsilon = 0.22$

Convección forzada

$$h_c = 19.8 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{conv}} = 702 \text{ 493.86 W}$$

Radiación

$$h_r = 1.74 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{rad}} = 620 \text{ 282 W}$$

$$Q_t = 764 \text{ 775,86 W}$$

Calor total perdido

$$Q_{\text{pérd}} = 2\,249\,154 \text{ W} \quad (1\,932\,447 \text{ kcal/h})$$

Calor que entra al sistema

$$Q_e = Q_{\text{pet}} + Q_{\text{g,h}}$$

El petróleo consumido fue de 2850 kg/h.

$$V.C.I = 9500 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_{\text{pet}} = 27\,075\,000 \text{ kcal/h}$$

El calor aportado por el petróleo constituye, aproximadamente, el 80 % del total. El resto es aportado por los gases de Hornos. Por tanto:

$$Q_e = 33\,843\,750 \text{ kcal/h}$$

$$\% \text{ pérd.} = \frac{Q_{\text{pérd}}}{Q_e} \times 100$$

$$\% \text{ pérd.} = 5,7 \% \quad (\approx 6 \%)$$

5. Evaluación sem.-cuantitativa del potencial de producción más limpia de la planta de preparación del mineral a través del Software Ecioinspector 2.0.

Es muy importante utilizarlo en esta parte porque nos da la posibilidad de hacer una evolución rápida en plantas, buscar alternativas para la minimización de los residuos y emisiones que se puedan encontrar en la planta de preparación del mineral de la Empresa comandante Ernesto Che Guevara, de esta forma para prever el análisis de los resultados, donde el mismo está desarrollado en las hojas de cálculo de un programa Excel y nos brinda la siguiente información.

Información de la empresa

Hojas P1 a P10: son datos relacionados con entradas, salidas (incluyendo sus costos) y estado de la tecnología

Hoja P9: Almacenes

Hoja P10: Transporte

Hoja E1: Calor

Hoja E2: Aire comprimido

Hoja E3: Refrigeración

Hoja E4: Gerencia de la energía

Hoja: resultados (resumen)

Diagramas 1y 2 (es la comparación entre los procesos)

Diagrama 3 Gráfico de los potenciales de P+L (potencial ambiental de P+L vs Potencial económico de P+L).

Esta información que nos brinda el Software Eco Inspector 2.0 nos da la posibilidad de un gráfico muy importante llamado Gráfico de potencial de potenciales de P+L, donde se puede comparar el potencial ambiental PML contra el potencial económico de PML.

Después de haber comparado cada uno de los potenciales nos da la posibilidad de otro gráfico con el análisis del potencial de PML

5.1 Definición del análisis estructural.

Es necesario poder hacer un análisis estructural de acuerdo a los gráficos de potencial de producción más limpia, donde puede contribuir a las potencialidades de y opciones de PML, la misma tiene las descripciones siguientes.

Método para la estructuración de ideas.

Permite la descripción de un sistema con la ayuda de una matriz. que relaciona todos sus elementos.

Permite tomar en consideración los factores cualitativos.

5.2 Relación de los factores

Con la ayuda del Software Eco Inspector 2.0 es necesario hacer una relación de los factores que están relacionados con cada uno de los gráficos de potenciales de PML y establece un análisis de las relaciones entre las variables que componen el sistema, matriz de impactos cruzados y ponderación de las relaciones entre las variables. Donde podemos encontrar la motricidad y dependencia con el objetivo de evaluar el impacto ambiental de la planta de preparación del mineral de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, donde está involucrada en cada una de las etapas del proceso, es decir; una evaluación semi-cuantitativa del potencial de producción más limpia (P+L) y poder demostrar los puntos débiles del proceso (ineficiencias) y proponer medidas para la minimización de los

residuos y emisiones.

6. Demostración de los puntos débiles del proceso (ineficiencias) que están presentes en la planta.

Este aspecto es muy importante porque se van a detectar los puntos más débiles que existen en la planta de preparación del mineral de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara que una vez detectados me dan la posibilidad de proponer alternativas o medidas para poder minimizar los residuos y emisiones y a la misma van a contribuir a la mejora la gestión ambiental y la economía de la planta y de la fábrica.

6.1 Alimentación directa desde la mina a la parte de los secaderos.

Puede comprobar que en esta parte trae consigo una deficiencia muy grave que es falta disponibilidad de las grúas gantry. Donde en esta alimentación trae consigo que no exista homogenización del mineral. Además cualquiera afectación en la mina o en el sistema de transportación se afecta la alimentación de los secaderos, trayendo consigo afectación a la producción incrementándolos principales índices de consumo (petróleo y energía) y una inestabilidad en el proceso de secado. También teniendo un poco de conocimiento de esta planta puedo decir que todo estas alteraciones puede traer consigo alteración en la temperatura de los gases de salida de los secaderos, provocando una disminución a la eficiencia de los electro filtros, incrementa las pérdidas del mineral secado y un aumento de la contaminación al medio ambiente que es un aspecto muy importante para la realización de este trabajo. En la parte ambiental se han sustituidos electro filtros en la parte de Molienda por filtros de Mangas y en Secadero ya está aprobado la ingeniería básica para montar un filtro de Manga con el objetivo principal de mejorar la calidad del producto y la producción de la empresa ya que en esta planta es la primera para el proceso y que de ella depende la calidad del producto final.

7. Medidas para la protección del medio ambiente en el secado del mineral.

Estas medidas son para contribuir a la protección del medio ambiente en el secado del mineral, es por eso que en esta de preparación del mineral se expulsa a la atmósfera polvo de mineral proveniente de la limpieza de gases. A la chimenea de 160 m de altura y diámetro 6m se descargan los gases provenientes de los 7 secadores que actualmente se está trabajando con 6 y uno siempre de mantenimiento , después de pasar por el sistema de purificación mecánico y electroestático (ciclones y electro filtros e filtros de manga). Los gases que se expulsan a la atmósfera contienen CO₂. SO₂, N₂, O₂ y vapor de agua: El contaminante principal es el polvo a razón de 40.55 a 74.4 g/seg que por eso es muy importante contabilizarlo para tener un control muy estricto de cada uno de ellos.

8. Inventario de los focos de emisión de contaminantes generados en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

La planta de Punta Gorda, con un proceso piro-hidrometalúrgico, se caracteriza por generar residuales en cantidades apreciables, en forma de emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuales sólidos:

1. Gases y polvo
2. Líquidos con sólidos en suspensión
3. Residuos sólidos

Los primeros (1) son los gases expulsados a la atmósfera conteniendo polvos minerales con partículas de níquel y otros metales en suspensión y otros gases contaminantes como: (CO₂, SO₂, N₂, O₂, NH₄, etc.) que salen a la atmósfera a través de las diferentes chimeneas (6 en total); así como el polvo generado en el proceso de extracción, transporte y preparación del mineral. Los segundos (2) son residuales líquidos con sólidos en suspensión, conteniendo compuestos y metales contaminantes, los cuales son evacuados por canalizaciones y/o alcantarillado que los recogen y conducen hasta su lugar de vertimiento y/o de depuración. Incluyen las aguas albañales.

Los residuos sólidos (3) son las basuras industriales, escombros, residuos de limpieza de ductos, sedimentadores, chimeneas, envases y chatarra.

Ver tabla # 1 en el Anexo 3

9.1 Emisiones de gases y polvo en la planta de preparación del mineral.

Los gases que se expulsan contienen CO₂, CO, SO₂, N₂, O₂ y vapor de agua. El contaminante principal es el polvo a razón de 5 a 70 g/seg, alcanzando valores extremadamente altos en secaderos (390g/s), respondiendo al incremento de los volúmenes de procesamiento de mineral.

Los contaminantes expulsados a la atmósfera son: polvo mineral reducido muy fino, CO₂, SO₂, agua en forma de vapor, trazas de metano y N₂.

Planta de secaderos. En esta instalación se expulsa a la atmósfera polvo de mineral proveniente de la limpieza de gases, que opera con un volumen superior de gases por la recirculación de los gases provenientes de los hornos de reducción, conteniendo monóxido de carbono (CO). A la chimenea de 160 m de altura y 6,0 m de diámetro, se descargan los gases provenientes de los seis secaderos en operación, después de pasar por el sistema de purificación mecánico y electrostático (ciclones y electro filtros). Los gases que se expulsan contienen CO₂, SO₂, N₂, O₂ y vapor de agua. El contaminante principal es el polvo, del cual se expulsan a la atmósfera de 300 a 400 g/seg.

Molienda y Silos: Estos poseen una chimenea metálica de 80 metros por donde se expulsa a la atmósfera polvo como principal contaminante. Desde los molinos se expulsan de 5 a 15 g/seg. de polvo y desde los silos 2 a 8 g/seg.

9.2 Caracterización de cada uno de los emisarios de la planta y características de los gases que se generan en la planta.

Es decir, la información que nos pueda facilitar se encuentra en las tablas del Anexo 4 donde las mismas nos brindan la siguiente característica.

En la tabla # 4 tenemos los Microconstruyentes en los residuales industriales

de forma general es decir de la planta (que son valores modales), donde en nuestra planta está descrita por el Emisario 1 que está caracterizado en: sólidos en suspensión, sólidos disueltos, HCO₃⁻, NO₂+NO₃, NH₄, CL⁻ y grasas y aceites; donde todos estos valores están en (mg/l). En la tabla # 5 tenemos las concentraciones de los metales en los residuales industriales (sus valores en mg/l). En la tabla # 6 están las cargas de los elementos de Ni, Fe y Co de aporte directo con el medio ambiente y en la tabla # 7 están las comparaciones de estas mismas cargas transportadas por el emisario. También en la tabla # 8 y # 9 están descritos los residuales (gases y polvo) en la sección de secadero y las de molienda. Además en la tabla # 10 están las características del mineral alimentados en los silos y en la tabla # 11 podemos encontrar los residuales (gases y polvos) en esta sección.

9.3 Características que se generan en la planta de Secaderos y Molino.

Sección	Composición	Contenido por proyecto
SECADEROS	CO ₂	6,08 %
	CO	0,4 %
	H ₂ O	36,8 %
	O ₂	5,48 %
	SO ₂	Trazas (0,03%)
	N ₂	Restantes
	Concentración de polvos en los gases	0,2 g/m ³ N 1 g/m ³ N
	Temperatura	80 °C
	Flujo de gases a la atmósfera	200 000,27 m ³ /h
MOLIENDA	CO ₂	-
	H ₂ O	-
	O ₂	-
	N ₂	-
	SO ₂	-

	Concentración de polvos en los gases	0,02 g/m ³ N
		0.5 g/m ³ N
	Flujo de gases a la atmósfera	102 640 m ³ N/h
	Temperatura	57 °C

10. Aguas residuales industriales de forma general de la Empresa Comandante Ernesto che Guevara.

La industria cuenta con una red separativa para la recolección y disposición de las aguas sanitarias, así como también con una red interna para el drenaje pluvial y general de diferentes áreas productivas y de servicios fabriles. En esta parte tenemos la de Preparación del Mineral caracterizada por (K6), es decir; la red y alcantarillado sanitarios del drenaje pluvial de la planta, de agua con fango (K6) que recoge los residuales de la planta de secadero y molienda.

Ver tabla # 2 en el Anexo 3

También se efectúan muestreos en los puntos de descarga seleccionados para cada uno de los cuatro emisarios de residuales industriales, recolectando las muestras de conjunto con determinaciones in situ del pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura del agua, así como con mediciones del caudal efluente que posibilitesen la confección de muestras sumarias con volúmenes de residual proporcionales a la magnitud del flujo estimado. En este caso mi emisario es E1, donde el caudal se aforó utilizando flotadores y los caudales así medidos se valoraron críticamente, utilizando para ello relaciones empíricas en función de las características geométricas del tramo de aforos y de la pendiente de la superficie libre del agua.

Sabemos que la calidad de las aguas residuales industriales se tipifica, por emisario, que para mi caso es E1 mediante las concentraciones representativas de sus constituyentes e indicadores físico-químicos principales detectados en las muestras y resumidos en las tablas y los comentarios siguientes.

Ver tabla # 3 en el Anexo 3

También podemos ver bien claro en la figura # 2 del Anexo 3 Rango de variación del pH en los efluentes de los Emisarios. En esta parte para el emisario E1 presenta un pH básico, donde se puede apreciar una pequeña variabilidad.

11. Modificaciones tecnológicas que se han hecho en la planta para mejorar la calidad del producto y contribuir a la protección del medio ambiente.

En la planta de preparación del mineral de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara se han adoptado una serie de alternativas, soluciones y mejoras tecnológicas dirigidos fundamentalmente al incremento de los niveles de producción, a la gestión ambiental, a la economía de la empresa y la calidad del producto final del proceso, donde se ha incrementado las potencialidades de PML y proponer alternativas para lograr disminuir los contaminantes que influye al medio ambiente.

1. Modificación de las cámaras de combustión de Secaderos (Cámaras Voltor con un sólo quemador de combustión), lo que ha permitido alargar la vida útil de las cámaras y procesar mayor volumen de mineral.
2. Eliminación de parte de los elevadores de mineral existentes en la pared de los secaderos, lo que permitió elevar su capacidad, con un incremento del arrastre de polvo de hasta un 40%, reduciendo las emisiones al ambiente.
3. Instalación de nuevas válvulas para regular el petróleo, las que han reducido los paros, tupiciones y derrames de combustible al medio.
4. Nuevo software para el control desde el Panel de operación de los parámetros del proceso en puntos críticos, lazos de control automáticos, y uso de un sistema parcial de expertos, que permite variar parámetros y flujos directamente en el panel o a través del operador. El sistema computarizado, posee alarmas en puntos críticos del proceso. La estabilidad de la operación y pronóstico de

situaciones de operación crítica, han disminuido los vertimientos de pulpa y colas y consecuentemente, los impactos sobre el medio ambiente. Todas las plantas operan bajo estas condiciones, observándose una mejora sustancial en el control automático y semiautomático.

Capítulo III. 3.1 Análisis y Discusión de los resultados. Introducción.

En este trabajo investigativo nos da la posibilidad de poder obtener resultados, que son analizados e interpretados según la naturaleza de la investigación y el alcance de la misma, debido a esto el objetivo de este capítulo es analizar los resultados obtenidos para poder proponer alternativas, opciones de PML para la minimización de los residuales y de las emisiones o proponer medidas para mejorar al medio ambiente. Cumpliendo los objetivos propuestos de este trabajo, gracias a la ayuda del Software EcoInspector2.0 durante la etapa de análisis de los resultados, se pudo emplear la evaluación rápida en la planta de preparación del mineral de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Se ha utilizado esta metodología para el análisis de las potencialidades de PML, opciones y alternativas con el objetivo de evaluar el impacto ambiental y proponer medidas para minimizar los residuales que están en el proceso.

Utilizando las informaciones que nos brinda el Software Eco Inspector sabemos que todas estas informaciones del Software Eco inspector la profundizamos en el Capítulo 2, no obstante a eso de acuerdo a la información podemos llegar a los siguientes resultados, interpretación de los resultados de acuerdo a las informaciones que nos brindan los gráficos de potenciales de PML.

Diagrama # 1. En este diagrama podemos ver una comparación entre los procesos y el promedio de los puntos, el mismo se muestra de la siguiente forma.

Ver en el Anexo 5 la figura # 3. En este diagrama podemos deducir que en el primer proceso es decir en el de Beneficio el promedio de los puntos a la entrada está en 1 lo que significa que en este proceso no existen materiales eco – tóxicos en los procesos. Relacionado con el costo podemos decir que no es elevado en el proceso porque aquí simplemente va a depender de las

características del mineral. El proceso de Secadero tenemos las entradas muy elevadas lo que implica que tenemos pequeñas cantidades de materiales problemáticos y de materia prima, material auxiliar y de operación mientras que en los costos es menor porque simplemente va a depender de las características del mineral y de los gases entregados de horno a la planta, ya que en la tecnología es el que más alto promedio de los puntos. Además en el proceso de los Molinos y sistema de limpieza de gases de Secaderos y de Molino en la parte de la tecnología son los puntos muy elevados ya que ahí que seguir perfeccionando a un más las posibles propuestas tecnológicas para poder elevar la producción de la planta y el de la empresa, los costos son muy altos debido al alto consumo de energía y con las características que entrega Secadero; todo esto influye profundamente en la parte de la tecnología este punto es el principal problema de la planta donde estamos realizando el trabajo y se siguen cumpliendo con el departamento de tecnología y la ayuda de los tecnólogos de la planta para mejorarla, es por eso que se necesitan hacer algunos cambios mencionados en el capítulo 2 para mejorar la planta.

Diagrama # 2 En este diagrama podemos ver una comparación entre los procesos que implica el promedio de los puntos y el potencial de Producción más Limpia (PML), el mismo se muestra de la siguiente forma. **Ver en el Anexo 5 la figura # 2.**

En este diagrama encontramos que en el proceso de Almacenaje tiene un potencial de producción más limpia un poco bajo con un promedio de 1 lo que implica que en estos almacenes, es decir; los 3 almacenes en Rolo, Base central y base ORSS donde estos tienen la particularidad de que presentan muchas afectaciones, se necesitan optimizarlos y presentan filtraciones por lo que se sigue en la mejora para asegurar la seguridad de los trabajadores. Además en la parte del transporte de las mercaderías tiene un buen potencial de producción más limpia, aproximadamente con un promedio de los puntos de 3; que comparados con el transporte de

empleados y la seguridad, salud, manejo de materiales (en el trabajo) son pocos, lo que se recomienda seguir esforzándose mucho más para lograr en el centro de trabajo un potencial de potencial de producción más limpia con el fin de producir un producto con la calidad que se requiere.

En el segundo gráfico respecto a este se puede decir que en el proceso térmico presenta ventajas ambientales, lo que influye mucho en las modificaciones que se han hecho en la planta donde contribuye en el mejoramiento de la planta y fundamentalmente de la fábrica es por eso que los costos tienen un promedio de los puntos hasta 1, donde hay un equilibrio estable entre estos dos variables y en la gerencia de la energía presenta un promedio de 1,5 puntos con respecto a los costos que se mantienen en 1 lo que nos brinda la siguiente información de que hay que estar bien consiente de que este proceso primeramente se genera vapor para el proceso de la planta y a la fábrica y una cantidad de energía, además no se tiene parcialmente porque no hay vapor que se genera, es decir; que se vuelva a utilizar para el proceso.

3.1.1 Gráfico de potenciales de P+L

Ver en el Anexo 5 la figura #1.

3.1.2 Análisis del gráfico de potenciales de P+L

En esta parte se hace un análisis más detallado, donde está relacionado con la selección de los procesos, es un gráfico muy completo, es decir; potencial ambiental de PML (se relacionan los puntos de las ventajas ambientales en cada proceso respecto al potencial económico de PML (promedio de los puntos de las ventajas económicas en la parte de los costos).

Muy importante.

Dado que la automatización de los aspectos de seguridad, salud, transporte y almacenamiento a menudo no cusan beneficios financieros (económicos)

directos estos aspectos solamente se rigen en el diagrama 2 lo que nos dice que no son considerados en la matriz de potencial. Lo que con lleva a una forma más amplia que es la siguiente.

3.2 Definición de análisis estructural

En esta parte es muy importante hacer una definición estructural de los gráficos de potenciales de PML que se desarrollaron en la hoja de cálculo del Excel con la ayuda del Software Eco Inspector 2.0 lo que indica un mejor entendimiento en cuanto a los resultados.

3.2.1 Relación de los factores analizados en los gráficos de potenciales.

Nos relaciona cada uno de los factores que tiene que ver con los gráficos de las potenciales de PML, de las alternativas y de las opciones de PML y del análisis de las relaciones de las variables que componen el sistema, de la matriz de impactos cruzados y de las ponderaciones entre las variables (matricida y dependencia), que nos permite hacer un análisis estructural detallado. Ver gráfico #1.

3.2.2 Detallado análisis estructural.

Con este análisis detallado estructural representado en el gráfico #1 tenemos variantes implícitas dentro de este análisis estructural.

A continuación se muestran las variables que pueden estar vinculadas en el gráfico #1, donde relaciona los factores que influyen en ella y las que están en cada cuadrante que van a depender de la motricidad y su dependencia.

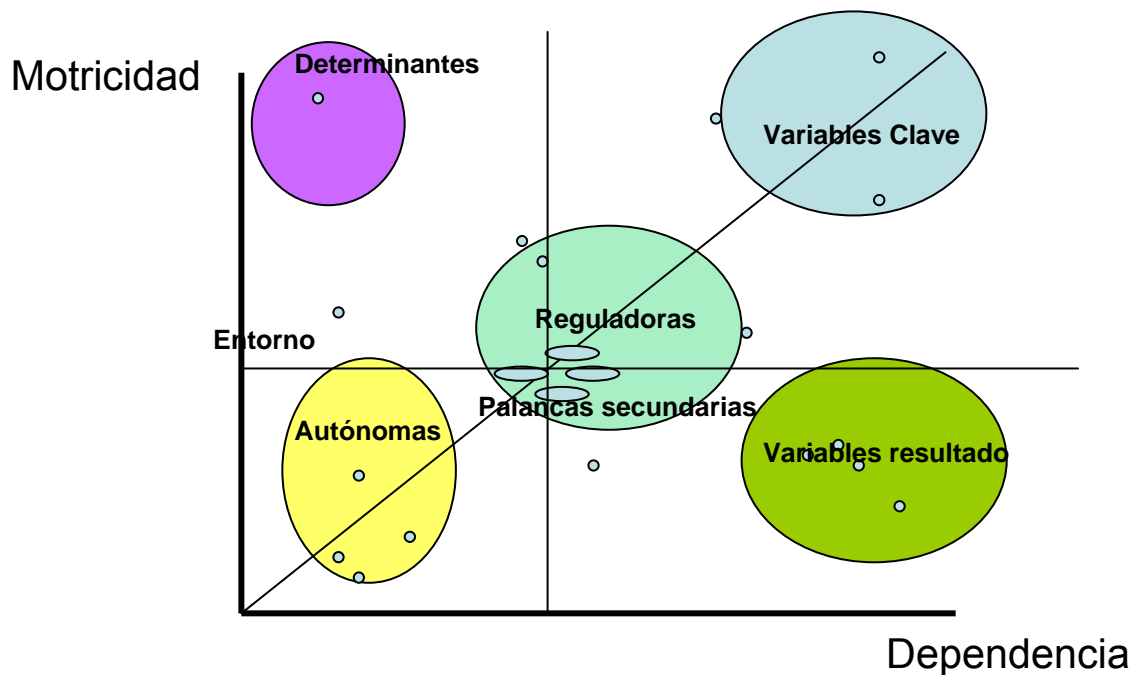


Gráfico #1 relación de los factores del análisis estructural.

3.2.3 Relación de las variables que están descritas en el análisis estructural.

De acuerdo con los resultados de los gráficos de potenciales de PML se pudo determinar en que cuadrante están descritas.

Cuadrante 2 .Sector variables autónomas: Son poco influyentes o motrices y poco dependientes, se corresponden con tendencias pasadas o inercias del sistema o bien están desconectadas de él. No constituyen parte determinante para el futuro del sistema.

Sector central, variables de regulación: Variables de regulación que participan en el funcionamiento normal del sistema, Las variables reguladoras son aquellas que determinan el funcionamiento del sistema en condiciones normales.

3.2.4 Variables resultado en la planta de preparación del mineral en cuanto a mi planta de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

En esta parte nos brinda la información de todas las variables que de una forma u otra han estado en dependencia con las demás variables, donde las mismas han de ser muy concretas para el resultado final. Además, lo explica profundamente el Cuadrante #2 que son las variables altamente dependientes y poco motrices; y son las que describen el sistema como la visualización del mismo, es decir las más importantes para el desarrollo del análisis estructural del sistema, es por eso que en mi caso de acuerdo a los resultados obtenidos mis variables están descritas en el segundo cuadrante, es decir los siguientes procesos;

1. Beneficio
2. Secaderos
3. Molino
4. Sistema de Limpieza de gases(Secadero y molinos)
5. Proceso térmico
6. Aire comprimido
7. Sistema de refrigeración
8. Gerencia de la energía

4. Opciones de producción más limpia (OPML) para eliminar los problemas ambientales en la planta de preparación del mineral

1. Construcción de transportadores de enlace entre Recepción y trituración y la Planta de secaderos.
2. Techado y reparación de los electro filtros según proyecto de mantenimiento.
3. Limpieza de los canales de drenaje.
4. Limpieza de la canalización fluvial.
5. Aprovechamiento de los gases calientes de Hornos a la cámara de combustión (mantenimiento del ducto de gases).

6. Instalación de un nuevo sistema de combustión para el secado de mineral (cámara Volton).
7. Instalación para la dosificación y mezclado del petróleo en los alimentadores de los molinos.
8. Instalación de tarjeta de control automatizado en los electros filtros, mejorando la eficiencia de trabajo de estos.
9. Proyecto para el tratamiento de los residuales líquidos y restablecimiento del sistema por proyecto original.

5. Principales problemas ambientales detectados en la planta.(para el capítulo III)

1. La zona de preparación de mineral (depósito de homogenización, transportadores de banda, hasta la sección de molinos) constituyen áreas de contaminación con polvo.
2. El drenaje en el depósito exterior es insuficiente (hay dos canales que están secados).
3. Los gases que salen del electro filtro de cada secador contienen monóxido de carbono (0.4 % y SO₂) y aunque cumplen las normas deben ser controlados en ese nivel como máximo mediante un monitoreo periódico.
4. El agua de los pisos en los secadores es enviada a la canalización donde (contiene sólidos y grasa).
5. En el área de dosificación y mezclado del petróleo “crudo nacional” existe una posible contaminación por derrame y vaporización.
6. El sistema de transportadores (correa caliente y transportadores por donde se añade petróleo) traslada el mineral secado y caliente y posee un sistema de aspiración en la descarga de una correa a otra, pero no es eficiente. La recogida de polvo derramado se realiza manualmente (hay gran cantidad de polvo en suspensión).
7. En los secadores se queman los gases calientes de los hornos de reducción, en ocasiones se observan salideros en la zona de alimentación a la cámara de combustión. Estas pérdidas son

provocadas por problemas mecánicos y eléctricos, violándose la norma de 0.2 g/m³ de polvo.

8. En ocasiones se supera la norma de concentración de polvo (1 – 4 mg polvo/ m³), por esto se deben realizar determinaciones de polvo en la atmósfera en el área de trabajo.

Conclusiones.

1. Se utilizó una metodología para evaluar las potencialidades de producción más limpia (PML) en la planta contribuyendo a la mejora del medio ambiente y a la minimización de los residuos generados por ella.
2. Se pudo evaluar las potencialidades de producción más limpia (PML) de la planta de preparación del mineral con la ayuda del balance de flujos de la planta.
3. Se demostraron los puntos débiles de la planta con la ayuda del Software Eco Inspector donde en el cual se estiman las potencialidades de P+L de acuerdo a las ineficiencias.
4. Se dio una valoración de los resultados mediante el análisis de los problemas ambientales existentes.
5. Se dieron a conocer modificaciones de la planta que contribuyen a minimizar a los residuales y emisiones.
6. Se describieron algunos residuales presentes en la planta.

Recomendaciones.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo con la ayuda del Software Eco Inspector 2.0 recomendamos lo siguiente.

1. Tener en cuenta para nuevas investigaciones sobre el tema las opciones de producción más limpia (OPML) que van a contribuir a la protección del medio ambiente.
2. Seguir realizando un análisis de las potencialidades de producción más limpia (PML) lo que contribuye a una mejora a la planta en cuanto a la producción, que el producto tenga la calidad requerida, menor consumo de energía y petróleo, y un aspecto muy importante es la protección del medio ambiente que con las medidas propuestas se logra minimizar los residuales y emisiones.

Bibliografía.

1. CASALS BLET, I; A. PIERRE CONDE; R. BASTO CAMPOS; J. ALVAREZ BREFF. Evaluación preliminar de los metales pesados en las emisiones a la atmósfera mediante los ductos chimeneas de la empresa “Cdte. Ernesto Che Guevara”. [Informe Técnico]. Facultad de Metalurgia y Electromecánica del ISMM. Moa. 1995. 29p.
2. Cuba. Ley 81 del Medio Ambiente. Gaceta Oficial de la República de Cuba, La Habana: 1999.
3. Descripción de los marcos metodológicos, normativos y de temas e indicadores ambientales, disponible en <http://www.mambiente.munimadrid.es>
4. ECO, U. Como se hace una tesis. España Edit. Gedisa, 1991. 188p.
5. Estudio del impacto ambiental del proyecto de expansión a 50.0 KT de Ni y Co de la empresa Minero – Metalúrgica “Cdte. Ernesto Che Guevara”. Punta Gorda, Moa, Holguín. T: III. 2004. p 325–335.
6. G, M, GORDÓN. y I. L. PEISÁJOV. Captación de polvos y purificación de gases en la metalurgia de metales no ferrosos. Moscú. Edit. Mir, 1981. 391p.
7. HURTADO FREYRE, G. y F. MARESMA EULICER. Algunas consideraciones acerca del control y monitoreo de las emisiones gaseosas de la empresa “Cdte. Ernesto Che Guevara” de Moa. Tecnológica, VOL. II, 1998, (1): p 30–32.
8. ISAGUIRRE BONILLA, C. Influencia del amoniaco, ruido y polvo en el medio ambiente laboral de plantas de la empresa “Cdte. Ernesto Che Guevara”. Tesis de Doctorado. Facultad de Metalurgia y Electromecánica del ISMM. Moa. 2004. 32p.
9. K.V, PASKANG. y N.N RODSIEVICH. Protección y transformación de la naturaleza. Ciudad de La Habana. Edit. Pueblo y Educación, 1983. p148–158.

10. KENNETH L. MITCHELL; PH .D. ROY; L. SMITH, PH .D; DEIRDRE MURPHY, PH.D. Air Toxics Risk Assessment Reference Library. VOL. II, 2004. 21p.
11. LÓPEZ, C. M, (1998): Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero.
12. LOZADA CASANOVA, E. Situación ambiental cubana. La Habana. Edit. CITMA, 2002. p16–17.
13. NC: 93-02-202. Atmósfera. Requisitos higiénicos sanitarios.
14. NC: 111: 2004. Calidad del aire – reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos.
15. NC: 242: 2005. Guía de los datos tecnológicos para inventario de emisiones de los contaminantes atmosféricos desde fuentes industriales estacionarias.
16. Norma ISO 690-2: 1997. Information and documentation-bibliographic referentes par 2: electronic documents or parts téreo.
17. Panorama Ambiental de Cuba 2000, disponible en ["http://panorama.ama.cu"](http://panorama.ama.cu)
18. PÉREZ ROVIERA, D. et al. Sumideros forestales sostenibles en España. Mapfre Seguridad, tercer trimestre, 2005, (99): 37– 49.
19. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático, disponible en <http://www.pnuma.org>
20. WARK, KENNETH. y F. WARNER CECIL. Contaminación del aire. Origen y control. T.I. Universidad de Purdue. 1996. p22–25.
21. Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA), disponible en <http://www.cuba.cu/ciencia/CIGEA/index.htm>
22. Instituto de investigaciones en Normalización, disponible en ["http://www.cuba.cu/ciencia/normas/"](http://www.cuba.cu/ciencia/normas/)
23. Centro de Inspección y Control Ambiental, disponible en ["http://www1.cuba.cu:8084/ciencia/citma/ama/cica/inicio.html" \t](http://www1.cuba.cu:8084/ciencia/citma/ama/cica/inicio.html)

24. Centro de producción más Limpia Colombia, disponible en www.conep.org.pa/./quepl.php
25. Centro Mexicano de Producción Más Limpia México , disponible en ["http://www.cnpml.org"](http://www.cnpml.org)
26. Programa de Capacitación en Producción más Limpia Ecuador, disponible en www.ecuadorambiental.com [images](#) [contacto](#).
29. Guía técnica de Producción más Limpia Perú, disponible en ["http://www.cpts.org/./curtiembres.htm"](http://www.cpts.org/./curtiembres.htm)
30. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, disponible en ["http://www.lineadecreditoambiental.org"](http://www.lineadecreditoambiental.org)
31. Red Nacional de Producción Más Limpia. Cuba, disponible en www.granma.cu
32. Programa de Producción más Limpia, disponible en www.granma.cu
33. Empresa Industrial de Cítricos Contramaestre, disponible en www.radiomambi.co.cu
34. Programa de la Organización de las Naciones Unidas para el Derecho Industrial. (ONUUDI) 2001.

