



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad de Metalurgia y Electromecánica
Departamento: Metalurgia-Química

*Evaluación de la implementación de la velocidad
específica de aireación en la UBP- Lixiviación y Lavado*

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

Yainé Hernández Bordonado



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad de Metalurgia Y Electromecánica
Departamento: Metalurgia-Química

*Evaluación de la implementación de la velocidad
específica de aireación en la UBP- Lixiviación y
Lavado*

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

Diplomante: Yainé Hernández Bordonado

Tutor: Dr. C. Profesor Titular, Antonio Ramón Chang Cardona

Asesor: Ing. Yuriannis Labrada Peña

Moa, 2016
"Año 58 de la Revolución"

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: **Yainé Hernández Bordonado**, autor de este trabajo de diploma, que tiene como tema **Evaluación de la implementación de la velocidad específica de aireación en la UBP- Lixiviación y Lavado de la empresa niquelífera "Comandante Ernesto Che Guevara"** y tutor, **Profesor Titular, Dr. C, Antonio Ramón Chang Cardona**, declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa para que disponga de su uso cuando se estime conveniente.

Para que así conste, firmo la presente a los _____ días del mes de _____ del 2016.

Yainé Hernández Bordonado

Dr.C Antonio R. Chang Cardona

DEDICATORIA

- *A mi madre Diomara Bordonado y a mi padre Walter Hernández por su amor y cariño incondicional, por estar siempre a mi lado apoyándome y dándome fuerza para alcanzar mis metas.*
- *A toda mi familia, quienes se preocuparon por cada detalle de mi vida y me dieron la seguridad para salir adelante.*
- *A mí más preciado regalo de la vida, a mi hijo Jorge Carlos por ser el motor impulsor de continuar luchando por ser mejor cada día.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de forma sincera la colaboración de todos aquellos que han contribuido a la realización de este trabajo, en especial:

- ❖ A Dios por darme sabiduría y permitir que salga adelante cada día.*
- ❖ A mi familia por haberme dado la fuerza y la confianza suficiente para formarme como un buen profesional, principalmente a mis padres, a mi hermana y abuela, a mis tías y tíos, y a todos mis primos.*
- ❖ A mi tutor, Antonio R. Chang Cardona por su ayuda incondicional, dedicación y por todo lo que dio de sí mismo para que yo lograra alcanzar mi objetivo. A su esposa por su cariño y atención.*
- ❖ A mi tutor Yuriannis Labrada por estar siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente y dándome la seguridad que necesitaba para lograr esta meta.*
- ❖ A mis compañeros de trabajo que me ofrecieron su amistad sincera y ayuda.*
- ❖ A todo el claustro de profesores que tuvieron la gentileza de formar durante estos seis años de estudio a la profesional que soy.*
- ❖ A mis compañeros de aula por brindarme su amistad durante los seis años de estudio.*
- ❖ A mis amistades, en especial a Xiomara y Yaritza por ayudarme con la realización de este trabajo.*

❖ *“Educar es depositar en cada hombre toda la obra humana que le ha antecedido: es hacer a cada hombre resumen del mundo viviente, hasta el día en que vive: es ponerlo al nivel de su tiempo, para que flote sobre él, y no dejarlo fuera de su tiempo, con lo que no podría salir a flote: es preparar al hombre para la vida”.*

José Martí

RESUMEN

El presente trabajo se realizó a escala industrial en la Planta de Lixiviación de la ECG con el objetivo de evaluar la implementación de la velocidad específica de aireación (Q_a), a partir del modelo empírico del tiempo de retención (TR) en función del flujo de pulpa (Q_{pulpa}), alimentado a cada miniserie. Como resultado, se estableció una metodología de implementación operacional de la velocidad específica Q_a , en $m^3/(t \cdot min)$; las tendencias gráficas de los lixiviados de níquel y cobalto obtenidas mostraron que estos disminuyen al aumentar la velocidad específica Q_a y el volumen específico del aire V_a , cuyas regiones óptimas se encontraron entre los valores de $83 < V_a < 91$, m^3/t y $1,03 < Q_a < 1,10$ $m^3/(t \cdot min)$. El análisis estadístico de los coeficientes de correlación de Q_a mostró su marcada influencia negativa sobre los lixiviados de níquel (-0,353) y lixiviados de cobalto (-0,491), pero al aumentar Q_a el lixiviado de cobalto se afecta más que el lixiviado de níquel. Esta misma regularidad se mantiene para los coeficientes de correlación del volumen específico del aire V_a : lixiviados de níquel (-0,359) y lixiviados de cobalto (-0,396). El resto de las variables analizadas influyeron positivamente sobre dichos lixiviados. Se elaboró una herramienta computacional en EXCEL para dirigir con flexibilidad los flujos volumétricos de aire por turbo-aireadores, sobre la base de los valores deseados de V_a y Q_a . La estimación económica realizada para dichas regiones óptimas, que corresponden a la zona de los máximos lixiviados de níquel y cobalto demostró que existe un incremento potencial de lixiviados de níquel (2 %) y lixiviado de cobalto (9 %), equivalente a una producción adicional vendida de Ni+Co de aproximadamente 528 t/año con un ingreso de 4 753 800 USD/año y una ganancia estimada de 2 852 280 USD/año.

Palabras Claves:

Lixiviación del proceso CARON; Velocidad específica de aireación; Flujo volumétrico de aire a los turbo-aireadores.

SUMMARY

The industrial in Lixiviación's plant of the ECG for the sake of evaluating Qa's implementation, as from the empiric model of the TR in terms of the Qpulpa, once each mini-series was fed accomplished to scale the present work. As a result, Qa's methodology of operational implementation, in m^3 became established (t min); The Lixiviados's graphic tendencies of Neither and they showed Co obtained the fact that these diminish when enlarging Qa and You Go, whose optimal regions found between 83 Va's moral values 91, m^3/t and 1.03 Qa 1.10 $m^3/(t \text{ min})$. Qa's statistical analysis of the coefficients of correlation evidenced his marked negative influence on the Lix Ni (- 0.353) and Lix Co (- 0.491), but Co affects itself more than the Lix Ni when the Lix enlarged Qa. This same regularity keeps on for Va's coefficients of correlation: Lix Neither (- 0.359) and Lix Co (- 0.396). The rest of the variable examined they had influence positively on lixiviated sayings. A computational tool in EXCEL to direct with flexibility the volumetric flows of air for TA became elaborate, on the base of the moral values desired of Va and Qa. The cost-reducing esteem accomplished for the aforementioned optimal regions, the fact that they correspond to the zone of the peaks lixiviated of Neither and Co demonstrated than exists Lix Ni's (2 %) and Lix's potential increment Co (9 %), equivalent to an additional production sold of Neither +Co of approximately 528 t year with an entrance of 4 753 800 USD year and a profit estimated of 2 852 280 USD year.

Key words:

Lixiviation of the process CARON; Velocity specifies of aeration; Volumetric flow of air to disturb them aireadores.

SIGNIFICADO DE LOS SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Q_a : Velocidad específica de aireación

V_a : Volumen específico de aireación

Q_{pulpa} : Flujo de pulpa

Q_{licor} : Flujo de licor

TC: Tanques de Contacto

PHR: Planta de hornos de reducción

EFO: Eficiencia operativa de aireación

TA: Turbo-aireadores

TR: Tiempo de residencia

G_a : Flujo volumétrico del aire

Lix Ni y Lix Co: Lixiviados de níquel y cobalto

$Q_{masic-licor}$: Flujo másico de licor

NoMin: Número de mineral

DI: Distribuidor de pulpa

SD: Sedimentadores

LP: Licor Producto

Tabla de contenido

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	5
1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	6
1.1 Fundamentos teóricos.....	6
1.1.1 Influencia de la concentración de NH₃ y CO₂, así como su relación	8
1.1.2 Efecto de la temperatura.....	9
1.1.3 Influencia del flujo específico de aire (m ³ /t _{MR}) y la velocidad específica (m ³ /(t _{MR} ·min))	11
1.1.4 Antecedentes	13
1.1.5 Influencia de la calidad del MR	17
1.1.6 Cinética de la lixiviación	19
1.2 Conclusiones del capítulo 1.....	22
CAPITULO 2	23
2.1 Descripción de la Sección TC-Lixiviación	24
2.2 Fundamentación de la BD.....	26
2.2.1 Lixiviados de Níquel y Cobalto.....	27
2.2.1.2 Metodología de cálculo para determinar los lixiviados de níquel y cobalto.....	27
2.2.2 Número de Mineral (NoMin)	28
2.2.3 Concentración de NH ₃ , CO ₂ y su relación (NH ₃ /CO ₂) del Licor Producto	28
2.2.4 Volumen específico de aireación (V _a).....	29
2.2.5 Velocidad específica de aireación, Q _a	31
2.3 Procesamiento de los resultados	34
2.4 Conclusiones del capítulo 2.....	34
3.1 Determinación de cada variable para el día 1 de enero del 2016.....	37
3.1.1 Determinación de los lixiviados de níquel y cobalto.....	37
3.1.2 Determinación del número del mineral, NoMin	37
3.1.3 Determinación de la concentración de NH ₃ ,CO ₂ y su relación en el licor producto	38
3.1.4 Determinación de V _a	38
3.1.5 Determinación de Q _a	41

3.1.5.1 Cálculo del TR.....	41
3.1.5.2 Cálculo de Q_a	42
3.2 Influencia de Q_a y V_a sobre los lixiviados de Níquel y Co.....	46
3.3 Análisis de los coeficientes de correlación par de los Lixiviados de Níquel y Cobalto.....	48
3.4 Procedimiento para la implementación de Q_a en la UBP-Lixiviación y Lavado	49
3.5 Afectaciones en la operación de los TA	54
3.6 Análisis de las fluctuaciones de los lixiviados y sus incrementos	59
3.7 Análisis económico.....	60
3.8 Conclusiones del capítulo 3.....	62
CONCLUSIONES GENERALES.....	64
CONCLUSIONES GENERALES	65
RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	69
Anexo 1 Recopilación de datos	74
Anexo 2 Reportes de la CHENET y datos del CITECT de la empresa.	113

INTRODUCCION

Los procesos metalúrgicos a escala mundial llevan un gran peso en la economía de los países en vías de desarrollo entre los que se encuentra Cuba, la que actualmente cuenta con las Empresas, Cmdte. Pedro Soto Alba-MoaNikel, SA que emplea la tecnología ácida a presión y la Cmdte. “Ernesto Che Guevara” (ECG) con la tecnología carbonato amoniacal (proceso-CARON), ambas ubicadas en el municipio Moa, al noreste de la provincia de Holguín.

En el mundo existen otras dos industrias con tecnología CARON la Queensland Nickel (QNi) en Australia y Tocantins- Niquelandia en Brasil. Se puede observar en la tabla 1 que la más eficiente es la de Queensland Nickel en Yabulu (Australia) por ser la que mayor extracciones de níquel y cobalto logra, también se puede agregar que en esta industria y en la brasileña de Sao Miguel Paulista (Tocantins) se utiliza la extracción por solventes para separar el níquel del cobalto (Pelegrín, 2014) a diferencia de la nuestra.

En los últimos años, estas industrias se han visto afectadas por los altos precios del petróleo al ser este su principal insumo con más del 40% del costo total del proceso, además, de los bajos precios del níquel en el mercado mundial. Por esta razón, muchas industrias se han visto en la obligación de bajar capacidad de producción para lograr ser rentables o en algunos casos paralizar las operaciones. En el caso de la empresa Ernesto Che Guevara se han tomado medidas para minimizar los costos y se proyecta el cambio de matriz energética. Por lo antes expuesto, en los procesos posteriores a hornos de reducción se hace necesario incrementar la eficiencia en las extracciones de los elementos útiles, específicamente en el proceso de lixiviación. En correspondencia con la última modificación realizada, esta se efectúa en una sola etapa de lixiviación, para así igualarse

con las dos restantes plantas homólogas del mundo: la australiana QNi y la brasileña Tocantín.

Tabla 1 Grado de extracción y recuperación de níquel y cobalto en las Plantas comerciales con tecnología CARON, (Chang y Rojas, 2009a)

PLANTAS	Punta Gorda	YABULU	Niquelandia Tocantins 1999
		1998(QNi)	
Extractables, Ni (%) Co	80-82	82-84	75
	56-60	55-60	45
Extracciones, Ni (%) Co	78-79	80-82	73
	35-38	40-44	33
Recuperación, Ni (%) Co	73 – 75	81	< 73
	30 – 35	40	< 33

Como se observa en la tabla 1, todas las plantas presentan elevadas diferencias (>10 %) entre las extracciones de cobalto y sus extractables, provocadas por una incorrecta dirección del aire en los turbo-aireadores (TA), ya que no emplean el parámetro de aireación velocidad específico del aire Q_a , en $m^3/(t \cdot min)$ que le permita gobernar la velocidad de cristalización de los óxidos e hidróxidos de hierro (OHH) en los TA. En el proceso se generan pérdidas de níquel y cobalto provocadas por la coprecipitación segregante con los (OHH). Por las razones antes expuestas es de vital importancia evaluar la influencia de la velocidad específica de aireación para las condiciones actuales de operación de la planta.

CATEGORÍAS CIENTÍFICO-METODOLÓGICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Objeto de estudio

Parámetros de aireación (V_a y Q_a) en los turbo-aireadores de la planta de lixiviación.

Campo de acción

Proceso carbonato amoniacal en la UBP- Lixiviación y Lavado de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Situación problemática

Las pérdidas de níquel y cobalto provocadas por la coprecipitación segregante con los óxidos e hidróxidos de hierro (OHH) que disminuyen los lixiviados de níquel y cobalto.

Problema de la investigación

La no existencia en la Planta del parámetro de aireación velocidad específica de aire que le permita controlar la velocidad de cristalización de los óxidos e hidróxidos de hierro para evitar las pérdidas de níquel y cobalto por estos.

Objetivo general

Evaluar la implementación de la velocidad específica de aireación (Q_a), a partir del modelo empírico del tiempo de residencia real (TR) en función del flujo de pulpa alimentado (Q_{pulpa}) alimentado a cada miniserie, basado en el volumen específico de aire (V_a) con la finalidad de incrementar los lixiviados promedios de níquel y cobalto.

Objetivos específicos

- Evaluar la utilidad práctica de introducir el nuevo parámetro de aireación Q_a en $m^3/(t \cdot min)$ para incrementar los lixiviados de níquel y cobalto debido a la regulación de sus pérdidas por coprecipitación segregante con los OHH en la UBP- Lixiviación y Lavado de la Empresa Comandante “Ernesto Che Guevara”.
- Elaborar el procedimiento de operación del aire con Q_a , mediante la programación de hojas de cálculo en EXCEL para implementar en la Planta Q_a en correspondencia con la región óptima de valores deseados de V_a y Q_a .
- Valorar estadísticamente los coeficientes de correlación de Q_a , V_a y el resto de las variables del proceso sobre los lixiviados de níquel y cobalto para establecer la magnitud de su influencia y confirmar su correspondencia con la teoría y práctica experimental a diferentes escalas.

- Estimar la potencialidad económica de la implementación de Q_a para la empresa ECG.

Hipótesis del trabajo

Si se logra implementar en la UBP-Lixiviación y Lavado el parámetro de aireación Q_a , este permitirá optimizar el régimen de aireación para incrementar los lixiviados de níquel sin sacrificar los lixiviados de cobalto debido a la regulación de sus pérdidas por coprecipitación segregante con los OHH en la UBP- Lixiviación y Lavado de la Empresa Comandante “Ernesto Che Guevara”.

Los aportes esperados en esta investigación son:

Científico - Técnico. Aplicación de un nuevo parámetro de aireación para controlar la velocidad de cristalización de los óxidos e hidróxidos de hierro en los turbo-aireadores de 1ra etapa de lixiviación.

Económico. Incremento de los Lixiviados de níquel y cobalto que permitirá el aumento de la producción de estos metales en la empresa ECG que contribuirá a los ingresos económicos del país.

CAPITULO 1

MARCO TEORICO

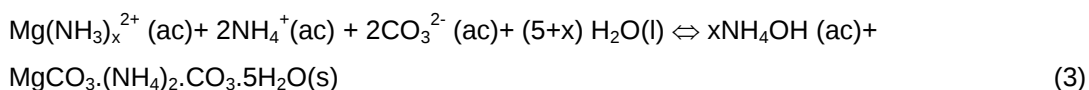
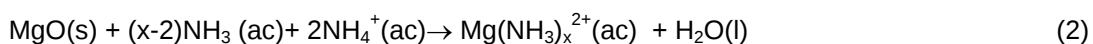
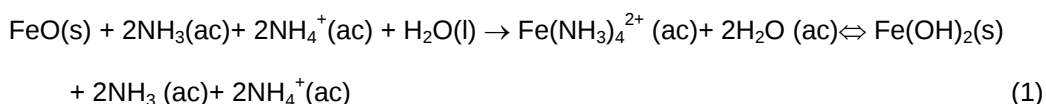
1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

A continuación se expone la fundamentación de los aspectos teóricos-tecnológicos del proceso de lixiviación carbonato amoniacal a partir del análisis de investigaciones precedentes.

1.1 Fundamentos teóricos

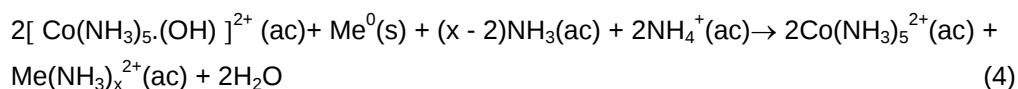
Las reacciones químicas del proceso de lixiviación fueron demostradas durante los años 1970 – 1989 en San Petersburgo por el equipo de trabajo dirigido por Dobrojtov, G.N, y posteriormente, por Chang-Cardona, A. R.; las cuales se sintetizan en el artículo (Chang & Vargas, 2009) como se expone a continuación:

Estas comienzan a efectuarse en las tuberías del tramo tanques de contacto (TC) - distribuidor de pulpa (DI) - tuberías hasta la entrada a cada serie de turbo-aireadores (TA) producto de la energía mecánica que es suministrada a la pulpa durante su transportación, y a la acción química de los componentes del licor lixiviante: NH_3 , CO_2 , iones del Ni^{2+} , Co^{3+} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ que determinan la solubilidad y oxidación de los metales y sus óxidos por las interacciones físico-químicas siguientes:

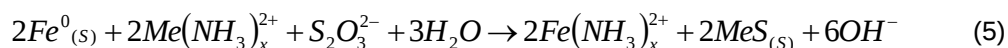


Cuando la solubilidad del magnesio es favorecida, dicha sal doble de magnesio se precipita en las tuberías del sistema, en las paredes o placas de los enfriadores de licor y en las paletas de los agitadores, disminuyendo el tiempo de campaña de los mismos, y por tanto la productividad de la planta.

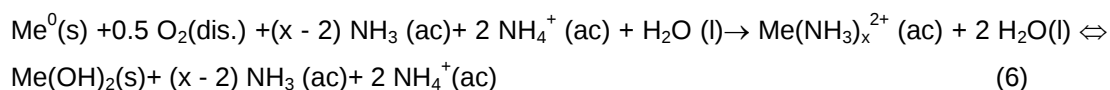
El Cobalto (III) presente en el licor de recirculación puede oxidar a los metales y ferroaleaciones:



La cual compite con la reacción de oxidación – reducción (redox):



Las reacciones (1-5) continúan con mayor intensidad en los turbo-aireadores, junto a la oxidación masiva de los metales y sus iones por las reacciones principales:

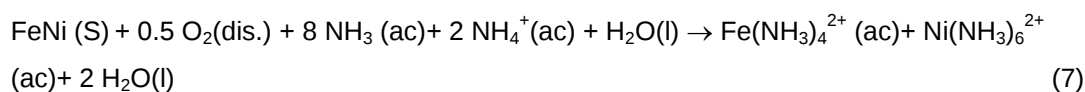


donde:

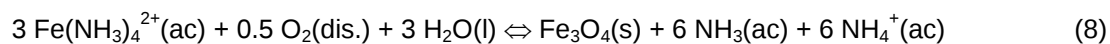
x para Fe y Cu es 2, 3 y 4 y para Ni y Co es 2, 3, 4, 5 y 6.

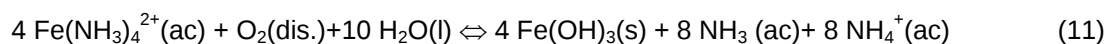
O₂(dis.) – Oxígeno disuelto.

Análogamente, para las aleaciones de FeNi, FeCo o FeNiCo:



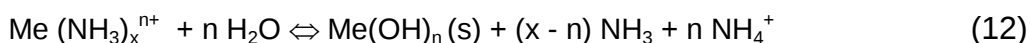
De todo lo anterior se deduce, que la lixiviación del níquel, cobalto y sus ferroaleaciones transcurre en competencia con varias reacciones que la frenan, cuya resultante determinará las extracciones de níquel y cobalto. A esto, hay que sumarle el alto contenido de hierro soluble en la MR y la elevada inestabilidad de sus iones complejos en el licor lixivante, que constituyen un alto riesgo para sus extracciones finales, ya que paralelamente ocurren otros procesos como la oxidación e hidrólisis de los iones de hierro por las reacciones secundarias siguientes:





1.1.1 Influencia de la concentración de NH_3 y CO_2 , así como su relación

Las reacciones (1, 3, 6) están escritas en forma de pérdidas de metales por hidrólisis, las cuales compiten con su permanencia en el licor, basado en su solubilidad o estabilidad de los complejos amoniacales de cada ión-metal. Por esta forma de escritura, se puede comprender mejor las variables que influyen sobre la solubilidad (extracción) de los metales y sus compuestos, a partir del análisis del equilibrio de la segunda parte de la reacción (6), expresada para iones de cualquier valencia por la ecuación (Grigorieva, 1987 y Chang, 1988):



$$\left[\text{Me}(\text{NH}_3)_x^{n+} \right] = \frac{L \cdot K_x}{K_b^n} \cdot [\text{NH}_4\text{OH}]^{x-n} \cdot [\text{NH}_4^+]^n \quad (13)$$

donde:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]} - \text{constante de equilibrio de la disociación básica del}$$

hidróxido de amonio $\text{NH}_4\text{OH} \Leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$;

$L = [\text{Me}^{n+}][\text{OH}^-]^n$ - producto de solubilidad de los iones del hidróxido,

$K_x = \frac{[\text{Me}(\text{NH}_3)_x^{n+}]}{[\text{Me}^{n+}][\text{NH}_3]^x}$ - constante de estabilidad general de los complejos amoniacales.

Por consiguiente, al aumentar la concentración total de amoníaco para una temperatura y relación de concentraciones (NH_3/CO_2) constantes deben crecer las extracciones (solubilidades) de níquel y cobalto.

En las mencionadas publicaciones se demuestra que al disminuir la concentración de amoníaco (NH_3) total de 5 a 4 mol/L, la solubilidad del Cobalto decrece en 2 veces como se muestra en la figura 1, mientras que el níquel lo hace en 1,4 veces (Grigorieva, 1987; Chang, 1988).

Esta regularidad fue confirmada con minerales reducidos a escalas de banco y planta piloto por numerosos autores (Cónsul, et al. 1967, 1968; Castellano, 1978, 1997; Colvin, 1979; Reid, 1982; Chang, 1988 y 1989).

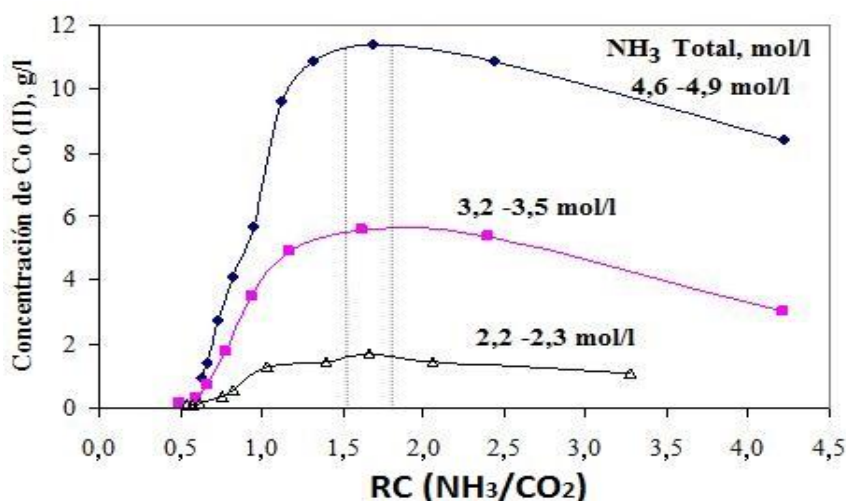


Figura 1 Solubilidad del cobalto (II) en mezclas de carbonato-amoniaca a temperatura ambiente. Fuente (Chang y Rojas, 2009a).

Todas las mencionadas investigaciones confirmaron que la composición óptima del licor para la lixiviación corresponde a una concentración de amoníaco total (85 y 90 g/l) y una relación respecto al dióxido de carbono (CO₂) entre 1,5 y 1,7.

Por tales razones, en los primeros 30 años de funcionamiento de la Planta de Nicaro con concentraciones de amoníaco alrededor de 4 mol/L (68 g/l) y posteriormente en Punta Gorda se obtuvieron menores valores de sus extracciones (ver tabla 2).

1.1.2 Efecto de la temperatura

El incremento de la temperatura de lixiviación hasta 50⁰C desplaza la relación óptima de NH₃ y CO₂ hacia la región más ácida: 1,2 – 1,4 (Chang, 1984), disminuyendo la solubilidad de los amoniacatos de níquel y cobalto (II) produciendo un apreciable decrecimiento de los contenidos de níquel y en gran medida el cobalto en los lixiviados (ver figura 2). Al mismo tiempo estos licores favorecen la solubilidad del hierro (Chang, 1988), aumentando

el riesgo de pérdidas de cobalto con los óxidos e hidróxidos de hierro (**OHH**) durante la aireación.

Este problema es una realidad industrial reconocida por todos los productores, por lo cual el enfriamiento constituye una de las principales vías más económicas para elevar la extracción de cobalto. Según la práctica industrial de YABULU-QNi, por cada $^{\circ}\text{C}$ de decrecimiento de la temperatura en lixiviación, se recupera 1 % de cobalto. (Chang y Rojas, 2009a).

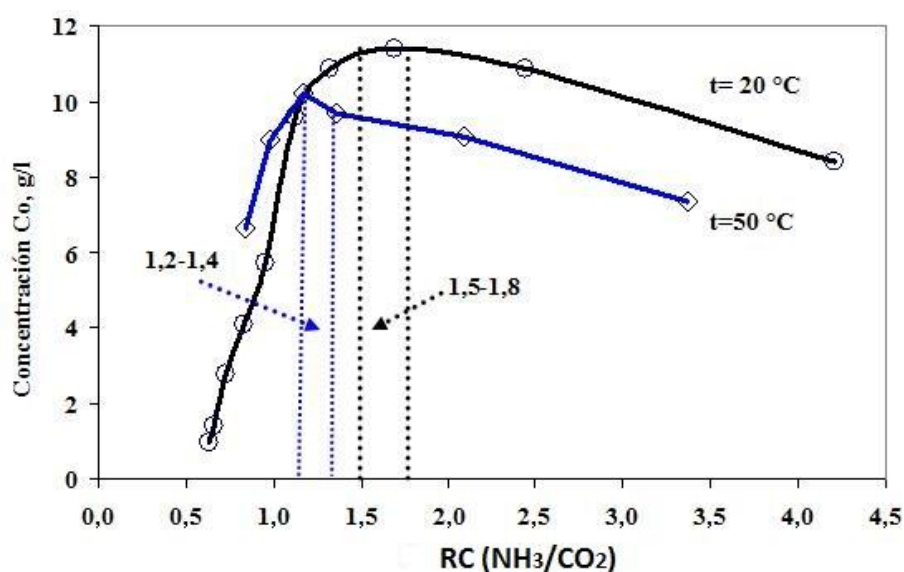


Figura 2 Influencia de la temperatura sobre la solubilidad del cobalto (II) en licores carbonato-amoniacaes puros con 4,6-4,9 mol/l de NH₃ total. Fuente (Chang y Rojas, 2009a).

]

Tabla 2 Parámetros operacionales del proceso de lixiviación en las plantas industriales y las extracciones de níquel y cobalto, respecto a sus extractables en hornos. Fuente : (Chang y Rojas 2009a)

PLANTAS	Punta. Gorda	YABULU		Niquelandia Tocantins1999
		1982 (GRV)	1998 (QNI)	
NH ₃ , g/dm ³	60-68	85	90	82-85
CO ₂ , g/dm ³	30-35	55	70	60-65
RC (NH ₃ / CO ₂)	1,9-2,0	1,5	1,3	1,3-1,4
Temperatura, °C	42-48	41-48	50-52	45-52
Extractables, Ni (%) Co	80-82	82	82-84	75
	56-60	65	55-60	45
Extracciones, Ni (%) Co	78-79	81-82	80-82	73
	35-38	59-60	40-44	33
Observaciones		1985, inicia agotamiento mina GRV en 1993	1986, mezcla menas New Caledonia e Indonesia.	

Como se observa en la tabla 2, con excepción de la planta cubana, todas incrementaron las concentraciones de amoníaco total y optimizaron la relación de concentraciones totales (en g/dm³) de NH₃ y CO₂ – RC (NH₃/CO₂), aunque esta última varió ampliamente entre 1,3 y 1,9 debido a los rangos de temperatura.

1.1.3 Influencia del flujo específico de aire (m³/t_{MR}) y la velocidad específica (m³/(t_{MR}·min))

En el proceso de lixiviación un mal manejo de los Q_a que son suministrados hacia cada miniserie de TA puede traer como consecuencia una disminución apreciable de los lixiviados de cobalto, y en menor medida, de níquel por las pérdidas por coprecipitación segregante con los (OHH) por las reacciones (8 -11). Estas transcurren paralelamente a las de hidrólisis.

Por cuanto, el mineral reducido contiene la mayor masa de Fe soluble que por la elevada inestabilidad de sus amoniacatos se hidrolizan y oxidan fácilmente, esto hace posible que el níquel y el Co se puedan perder en

grandes cantidades debido a las formaciones de OHH durante la lixiviación, en la que es mayoría la goethita (Chang y Boskovski, 1995)- reacción (10).

Las pérdidas por coprecipitación segregante se fundamentan en la teoría de cristalización de un sólido a partir de un licor que contiene sus iones (Zelikman, 1983). Por tanto, al aumentar la velocidad de cristalización, provocada por la velocidad específica del flujo de aire Q_a , en $m^3/(t_{MR} \cdot \text{min})$, se obtendrán cristales más finos y amorfos que adsorberán en su superficie a los iones de metales, y los que posean menor radio iónico más profundo penetrarán en las cavidades del OHH formado, de dónde será difícil de extraer, lo cual puede apreciarse en la figura 3, aunque parte de estas, pueden ser recuperadas (Chang, 1989, 2000) durante la lixiviación y el lavado, sobre todo, las de níquel, por eso, el Ni^{2+} está entre paréntesis en el esquema siguiente:

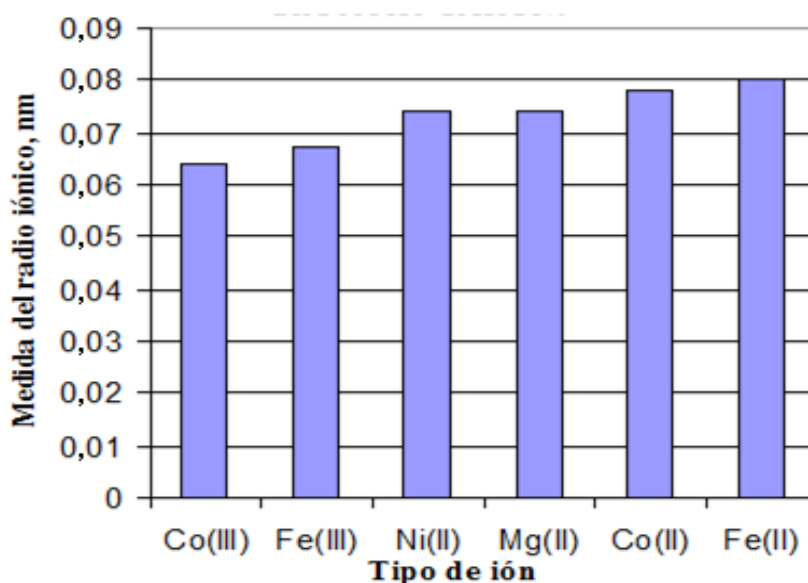
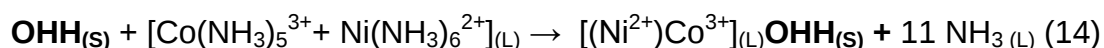


Figura 3 Radio iónico de los iones de interés para la lixiviación del proceso CARON. Fuente (Chang, 1989).

Varios autores. (Queneau et al. 1986; Chang et al. 1989, 1998, 2000) han demostrado que es posible disminuir dichas pérdidas al optimizar Q_a ($m^3/(t \cdot \text{min})$) y V_a (m^3/t_{MR}), lo cual se muestra en la figura 4.

En esta se observa que las extracciones de cobalto (E_{Co}) disminuyen con el aumento de la velocidad específica de aireación Q_a .

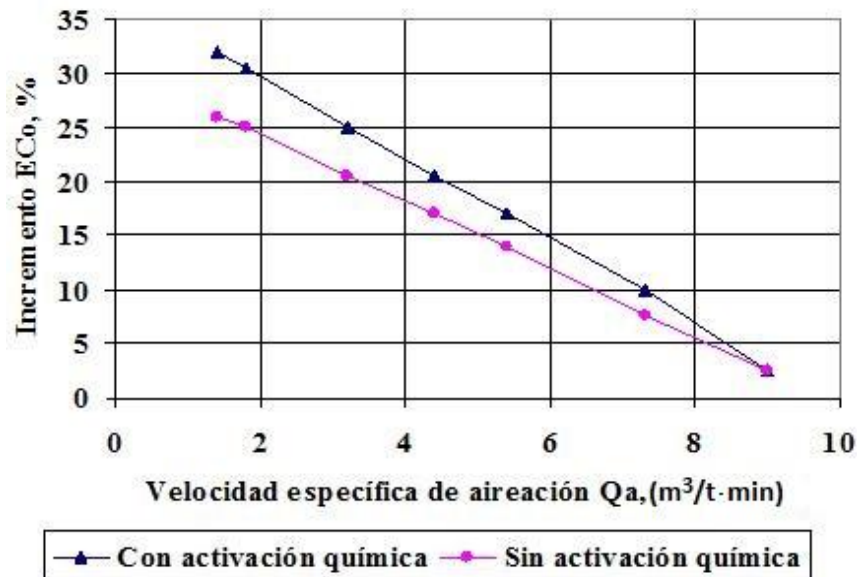


Figura 4 Influencia de la velocidad de aireación sobre la extracción relativa de cobalto. Fuente (Chang et al. 1989).

Por otra parte, mientras mayor sean las velocidades de aireación mayor será la probabilidad de que ocurran crisis de sedimentación en los sedimentadores de primera etapa de lixiviación, lo que obliga a usar más floculante para clarificar el reboso de licor producto, y evitar el riesgo de hacer inoperable la tecnología.

Para poder introducir en la práctica industrial el parámetro de aireación Q_a se necesita contar con un modelo matemático obtenido a escala de UDP para predecir el TR en función del Q_{pulpa} , el que se publicó en el artículo (Chang et al. 2015 b):

$$TR = 13297 \cdot (Q_{pulpa})^{-0,999} \quad (15)$$

1.1.4 Antecedentes

Como antecedente para la realización de este trabajo se tienen los artículo publicado por (Chang et al. 2015 b) y (Chang et al. 2015 c) el cual se realizó a escala de Unidad Demostrativa de Producción en la Planta de Lixiviación de Punta Gorda, en la Serie 1ra B con el objetivo de probar

la implementación de Q_a , a partir del modelo empírico del TR en función del Q_{pulpa} , alimentado a cada miniserie, basado en el volumen específico de aire- V_a - con el propósito de analizar las tendencias de los lixiviados de níquel y cobalto. Según Chang et al. 2015 c, la influencia del nuevo parámetro de aireación Q_a sobre los lixiviados de níquel y cobalto (fig. 5a), y sus incrementos (fig. 5b), muestran una clara tendencia a su disminución al aumentar Q_a . Para confirmar la misma, los gráficos se construyeron en dos variantes de la línea de tendencia: en la fig. 6a es recta, mientras que en la fig. 6b es polinómica de grado 2. Como se puede observar, en ambos casos, los valores de los coeficientes de distribución (R^2) para el cobalto son parecidos y significativos, y al mismo tiempo, son algo superiores a los de níquel. Este comportamiento está en correspondencia con las posiciones teóricas y experimentales estudiadas, pero sugiere la necesidad de investigar con valores de Q_a menores que $1,5 \text{ m}^3/(\text{t}\cdot\text{min})$ con el propósito de encontrar la región de los máximos Lixiviados de níquel y cobalto.

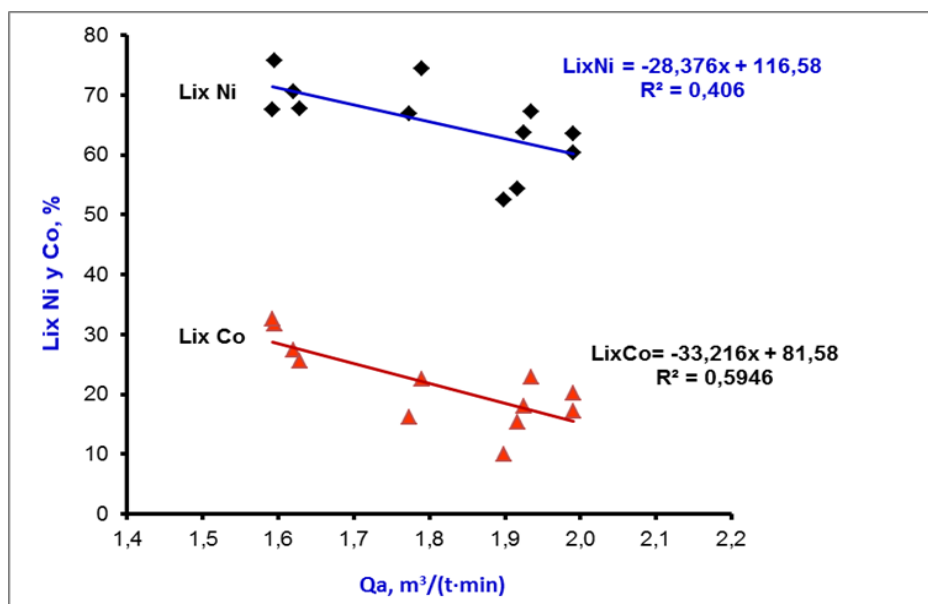


Figura 5a Tendencia de los lixiviados de níquel y cobalto en función de Q_a .
Fuente (Chang et al. 2015c).

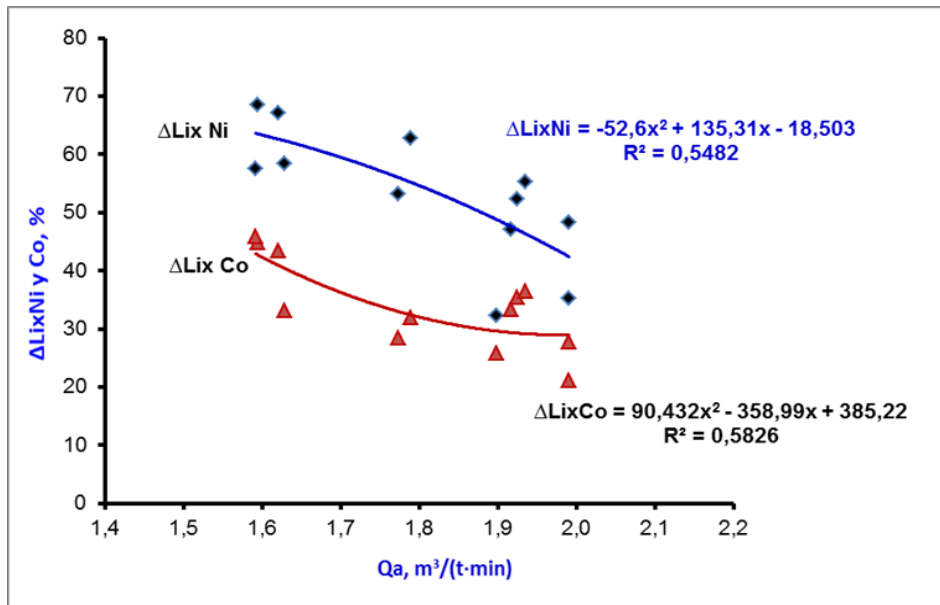


Figura 5b Tendencia de los incrementos de lixiviados de níquel y cobalto en función de Q_a . Fuente (Chang et al. 2015 c).

En el caso de la influencia del volumen específico de aire – V_a -, el comportamiento de los lixiviados de níquel y lixiviados de cobalto es diferente, el cual se muestra en las figuras 6a y 6b. Al compararlos con Q_a , se nota una mayor susceptibilidad de V_a en la precisión del cálculo por la distribución de los flujos de masa de MR sobre los lixiviados de níquel y cobalto.

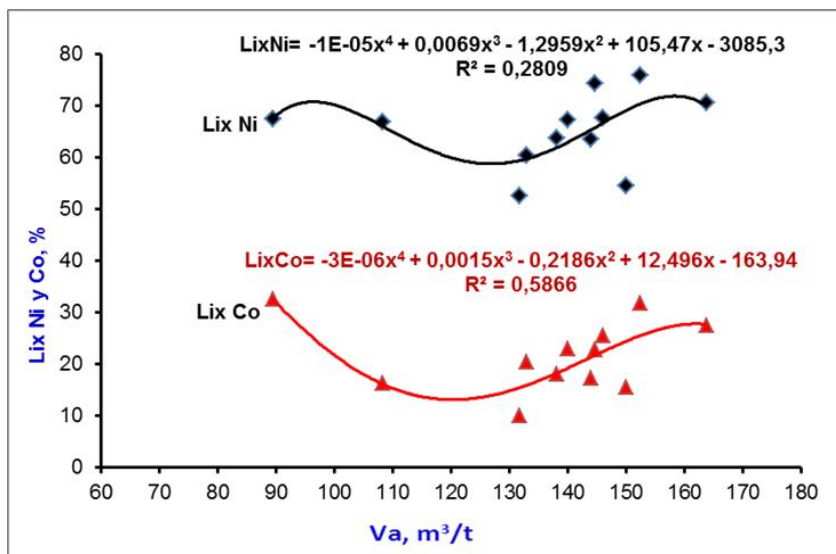


Figura 6a Tendencia de los lixiviados de níquel y cobalto en función de V_a . Fuente (Chang et al. 2015c).

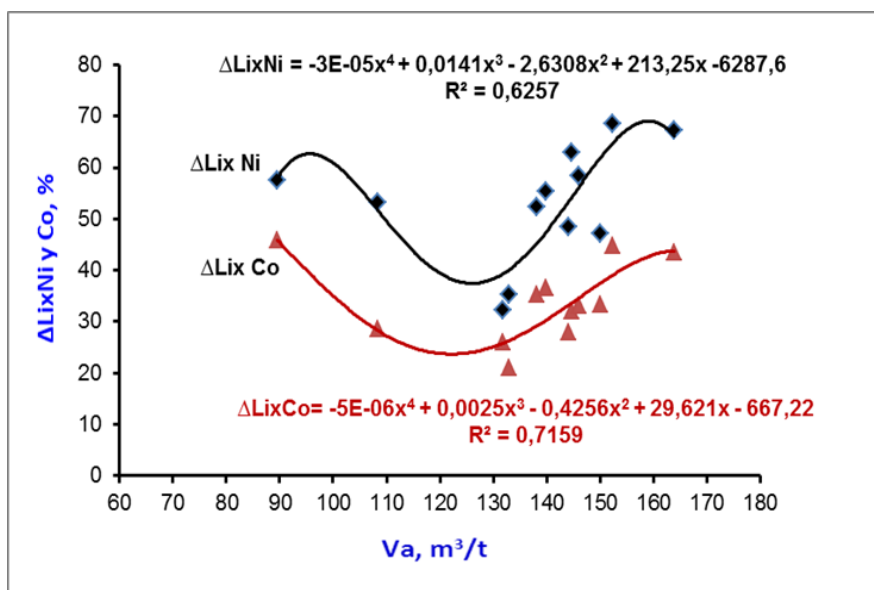


Figura 6b Tendencia de los incrementos de lixiviados de níquel y cobalto en función de V_a . Fuente (Chang et al. 2015c).

Como se puede observar en las figuras 6a y 6b, el parámetro V_a se comporta de forma contradictoria para sus dos valores más bajos, pero la gran mayoría de las pruebas se efectuaron en la región de $V_a > 130 m^3/t$, lo que crea la duda sobre la veracidad de dicha tendencia, e indica la necesidad de realizar experimentos a valores de $V_a < 100 m^3/t$. Se obtuvieron resultados compatibles con los coeficientes de correlación para los lixiviados de níquel y cobalto; de acuerdo a los cuales, ambos lixiviados aumentan con el incremento de: $R (NH_3/CO_2)$, $NoMin$, NH_3 y V_a , aunque este último puede ser controvertido para el lixiviados de cobalto; mientras que los lixiviados de níquel y cobalto disminuyen con el aumento de Q_a , siendo el lixiviado de cobalto el que sufre las mayores pérdidas. Se demostró que el parámetro de aireación más estable para ambos lixiviados es Q_a , lo que confirmó su pertinencia como parámetro de operación para predecir los lixiviados de níquel y lixiviados de cobalto por lo que se elaboró una herramienta computacional en EXCEL-2010 para dirigir con flexibilidad los flujos de aire por TA, sobre la base de los valores deseados (óptimos) de V_a y Q_a , que permite cambiarlos en función de las condiciones operacionales de la Planta. Durante el año 2015 se realizaron algunas modificaciones en la planta de lixiviación que permitieron que se bajaran los flujos de aire a los

turbo-aireadores, posibilitando la búsqueda de los máximos lixiviados de níquel y cobalto para menores valores del parámetro velocidad específica de aireación.

La utilidad de este conocimiento permitirá confirmar las causas de las pérdidas de níquel y cobalto en las miniseries de TA, así como, indicar la necesidad de escalar el parámetro Q_a desde la Serie 1ra B hacia toda la planta con el propósito de ver si se reproduce su comportamiento en la región de menores valores de (V_a , Q_a) indicados antes, con el propósito de obtener una pequeña “meseta” de máximos valores del lixiviado de níquel y lixiviado de cobalto.

1.1.5 Influencia de la calidad del MR

La calidad de mena reducida (MR) se valora por su contenido de hierro (II), el cual indica la medida del grado de reducción. La práctica industrial de Nicaro y las investigaciones realizadas con MR a escala de banco y Planta Piloto han demostrado que mientras mayor sean los contenidos totales de Fe_T y Ni_T en el mineral alimentado (MA), mayores serán los extractables y lixiviados de níquel, lo que hizo incluir el Número de mineral (NoMin) como parámetro de control de la calidad del MA a la Planta de Hornos de reducción (PHR). No obstante, pocos trabajos han establecido esta correlación respecto a los contenidos de Fe (II) y Ni_T en MR (Chang y Rojas, 2009 a). La importancia de esta última consiste en la necesidad de explicar el tope de los extractables mediante las pérdidas con los OHH para poder establecer los valores óptimos de Q_a para cada calidad de MR. Bajo este concepto se supone que mientras mayor sea el contenido de Fe^{2+} en MR mayor será su masa disuelta en el licor y por consiguiente, mayor será el riesgo de pérdidas de cobalto y níquel por coprecipitación segregante con los OHH.

$$NoMin = \frac{Fe \cdot Ni}{SiO_2 \cdot MgO} \quad (16)$$

donde:

NoMin: es el Número de mineral, el cual se calcula por los contenidos en % de los metales y compuestos (Fe, Ni, SiO₂, MgO).

Una investigación detallada sobre este tema fue desarrollada en la tesis de maestría de (Rojas, 2007). Esta demostró que para cada calidad de MR existe un flujo de aire óptimo que permitirá maximizar las extracciones de níquel y Co, como se muestra en las figuras siguientes.

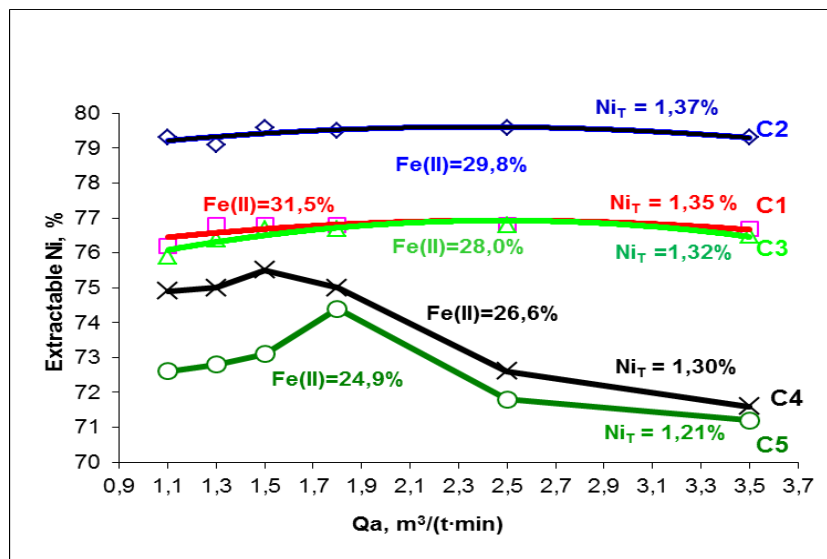


Figura 7 Efecto de la variación de Q_a y el % de Fe (II) en MR sobre el Extractable de níquel. Fuente (Chang & Rojas, 2009a).

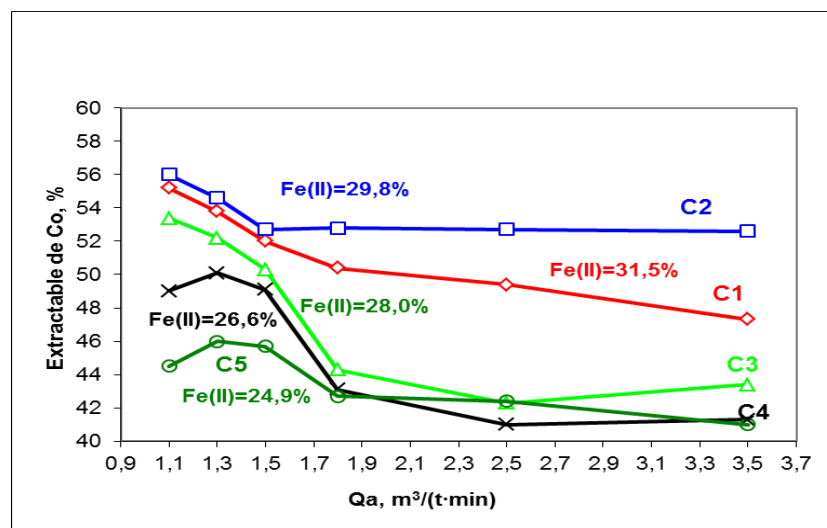


Figura 8 Efecto de la variación de Q_a y el % de hierro (II) en MR sobre el Extractable de cobalto. Fuente (Chang & Rojas, 2009a).

La utilidad de este conocimiento y su confirmación industrial nos permitirá adicionar el control del NoMin, además de los flujos de aire y del TR mencionados en el acápite anterior.

1.1.6 Cinética de la lixiviación

La cinética de las reacciones de lixiviación del níquel y el cobalto ha sido estudiada por numerosos autores, pero los resultados más significativos que se corresponden en mayor medida con la práctica industrial son los publicados en los trabajos (Chang et al. 1989, 1990, 2009 b y Fiffe, 1985). Si la calidad del MR es constante y no se considera el efecto oxidante de los iones Co^{3+} y tiosulfato, se puede ilustrar la influencia de cada variable sobre la velocidad de disolución del níquel por el orden de la reacción (exponentes sobre las variables) en la ecuación cinética del régimen mixto o de transición, según Fiffe, 1985, en el intervalo de temperatura 308÷323 K (35÷50 °C), pero escrita de la forma siguiente:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = 1,25 \cdot 10^4 \cdot e^{-\left(\frac{8,49}{T}\right)} \cdot [\text{NH}_3]^{1,06} \cdot [\text{CO}_2]^{-0,38} \cdot K_{\text{O}_2}^{1,21} \cdot P_{\text{O}_2}^{1,21} \cdot S_0^{1,03} \cdot (1-\alpha)^{1,03} \quad (17)$$

donde:

α –grado de disolución del níquel;

K_{O_2} y P_{O_2} son el coeficiente de solubilidad y la presión parcial del oxígeno;

S_0 –área específica de las partículas de níquel;

T –temperatura de lixiviación;

τ - tiempo de lixiviación.

Como significativo en la expresión (17), se puede ver que la relación de

concentraciones $\text{RC} (\text{NH}_3 / \text{CO}_2) = \frac{[\text{NH}_3]^{1,06}}{[\text{CO}_2]^{0,38}}$ tiene un gran peso sobre la

velocidad de disolución del níquel, considerando, que el exponente del CO_2 es mucho menor que uno, lo que revela un mecanismo de influencia complejo entre el sólido y los compuestos disueltos, además, cuantitativamente, hace crecer el valor absoluto de dicha división, cuando se calcule α por su ecuación integrada. El resto de las variables, caracterizan el

régimen difusivo, al alcanzar un primer orden de reacción al igual que el NH_3 . Aunque la difusión transcurre con una elevada resistencia, lo cual ha sido confirmado al procesar los datos cinéticos de la lixiviación de MR de Nicaro a escala de banco (26 dm^3 de pulpa) por la ecuación de Jander (Chang et al, 1988, 1989; Chang, 1989), que modela la difusión tridimensional (esférica) de las partículas de níquel, caracterizando el régimen mixto:

$$1 - [1 - \alpha(\tau)]^{1/3} = K \cdot \tau^2 \quad (18)$$

donde:

K es la constante de velocidad de disolución del níquel, cobalto, en $1/\text{h}$

$\alpha(\tau)$ es el grado de lixiviación del níquel durante el tiempo de aireación, en fracciones de unidades, equivalente al Lixiviado de níquel dividido por 100.

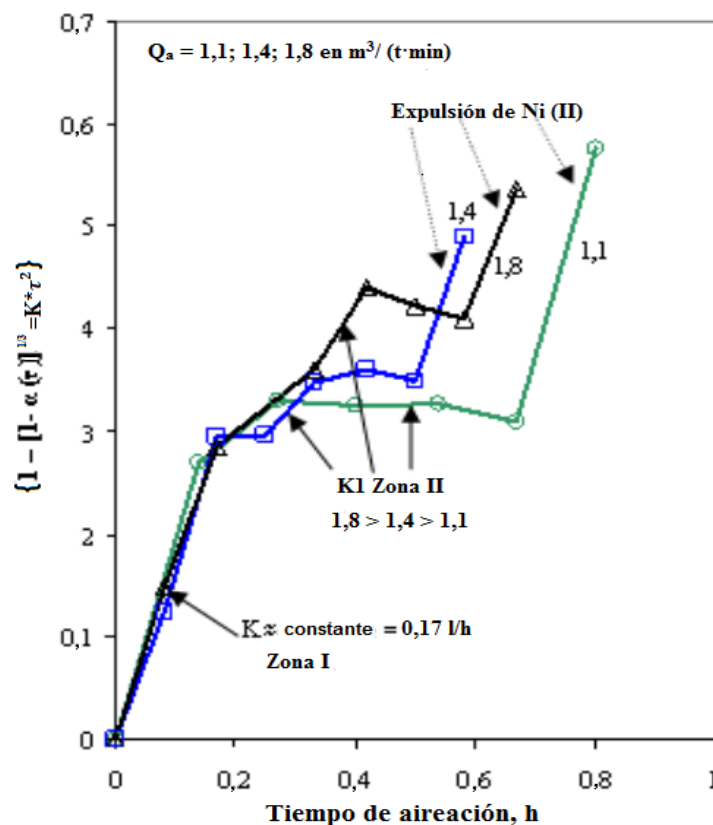


Figura 9 Cinética de la 1ra etapa de lixiviación del níquel por la ecuación de Jander para un mismo tipo de MR de Nicaro. Fuente (Chang et al. 1989).

Al graficar la ecuación (8) en los ejes de coordenadas, entonces se puede determinar K , a partir de las regularidades de la primera etapa de lixiviación del níquel que se muestran en la figura 7, la cual fue obtenida para un mismo tipo de MR y un licor lixiviante, que contiene NH_3 , CO_2 en el rango de su composición óptima, y solo se varió la concentración de cobalto (II) para analizar su influencia sobre la cinética de lixiviación y las pérdidas de cobalto. Por tal razón, no se expondrá la figura para el cobalto, pues como se mostró en (Chang et al. 2009 a), sus máximos de extracciones y constantes de velocidad (sobre todo, en la zona I) disminuyen, tanto con el incremento de la concentración de Co (C_{Co}), como con el aumento de la velocidad específica de aireación (Q_a). Sin embargo, en la zona I, la cinética de la lixiviación del níquel no depende de la C_{Co} (Chang et al. 1989 y Chang 1990), mientras que al aumentar Q_a , en $\text{m}^3/(\text{t}\cdot\text{min})$ desde 1,1 hasta 1,8; en la primera zona de aireación se observa un comportamiento acorde con la ecuación de Jander, obteniéndose una clara línea recta, como promedio, que no depende de Q_a con un valor de $K= 0,17 \text{ 1/h}$, confirmándose la presencia del régimen mixto con predominio de la composición del licor y la temperatura. Después del primer máximo, se vuelve a manifestar otra línea recta, seguido de un segundo máximo que se ordena de mayor a menor Q_a , caracterizando al régimen difusivo, al ser sus constantes de velocidad K_1 diferentes entre sí, las cuales crecen linealmente con el aumento de Q_a (Chang et al. 1989 y Chang et al. 1994). Posteriormente, se vuelve a interrumpir la regularidad con un decrecimiento de sus máximos relacionado con la coprecipitación de níquel con los OHH por segregación, que para el caso de sus iones divalentes, se expulsan en la tercera zona con acentuada expresividad, lo que no sucede con el cobalto por las causas analizadas en (Chang y Rojas, 2009 a).

La utilidad de este conocimiento permitirá diseñar una herramienta operacional para dirigir los parámetros de aireación según el deseo tecnológico en correspondencia con las regularidades cinéticas analizadas.

1.2 Conclusiones del capítulo 1

De acuerdo con el análisis realizado en los acápite del presente capítulo, se detectaron los problemas científicos que se manifiestan en las conclusiones siguientes:

- Se expusieron los principales problemas existentes en la Ira EL de la ECG relacionados con los parámetros de aireación a cada TA, por la falta de escalado de Q_a desde la Serie Ira B a toda la Planta (UBP), del modelo del TR en función del flujo volumétrico de pulpa obtenido en la Serie Ira B.
- Se demostró que el modelo de TR antes mencionado, en la Planta de Lixiviación permitirá calcular la velocidad específica de aireación $-Q_a$ en $\text{m}^3 \cdot (\text{t}_{\text{MR}} \cdot \text{min})^{-1}$ en la Ira EL para cada miniserie y TA, sobre la base del flujo de aire específico existente $-V_a$, en $\text{m}^3 \cdot \text{t}_{\text{MR}}^{-1}$, que definirán los flujos volumétricos de aire $-G_a$, en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a suministrar a cada TA, lo que permitirá introducir (implementar) un nuevo parámetro de operación del aire con vista a disminuir las pérdidas de níquel y cobalto por coprecipitación segregante con los OHH en la Ira EL.
- Se fundamentó la necesidad de buscar los máximos valores de los Lixiviados de níquel y cobalto en la región de $Q_a < 1,5 \text{ m}^3 \cdot (\text{t}_{\text{MR}} \cdot \text{min})^{-1}$ y $V_a < 120 \text{ m}^3 \cdot \text{t}_{\text{MR}}^{-1}$ durante el escalado desde la UDP hacia toda la Planta con el propósito de establecer sus correspondientes regiones de valores deseados.
- Se demostró que en condiciones industriales no existe una herramienta técnico-operacional que permita dirigir los parámetros de aireación $-Q_a$, V_a y G_a - según el deseo tecnológico que se corresponda con las regularidades cinéticas de la Ira EL y la disminución de las pérdidas de cobalto y níquel con los OHH, mediante la elaboración de un procedimiento de cálculo que complemente el uso de Q_a con V_a para obtener G_a .

CAPITULO 2

MATERIALES Y METODOS

2 MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describirán los métodos y procedimientos para dar solución al problema científico-técnico existente en la UBP- lixiviación y lavado donde se desarrolló el estudio del comportamiento de los Lixiviados de níquel y cobalto en función de los parámetros de aireación, velocidad específico- Q_a - y volumen específico de aireación- V_a .

2.1 Descripción de la Sección TC-Lixiviación

El proceso de lixiviación comienza cuando el mineral reducido en los Hornos Herreshoff es descargado a la canal a una temperatura menor de 250 °C dónde se añade el licor procedente de los enfriadores de placas con una temperatura de (25 a 33) °C esta mezcla se homogeniza una vez descargada en los tanques de contacto con agitación mecánica. Como parte de los trabajos encaminados a incrementar la eficiencia del proceso de lixiviación se realizaron pruebas a escala industrial para dejar una sola etapa de aireación con resultados alentadores por lo que se decidió operar de esta forma en el año 2015. Además, se experimentó bajando los flujos de aire a los TA buscando el flujo óptimo que permitiera obtener mejores lixiviados de níquel y cobalto, lo que se logró incrementando los flujos de licor (Q_{licor}) a las canales de TC, por lo que la relación L/S se incrementó aproximadamente de 6 a 7 y las densidades de la pulpa con esta nueva concepción de operación bajaron de (1130 a 1110) g/L por la referencia del toma-muestra de la pared de los TC, cuyo propósito fue disminuir el arenamiento en los TA. Este aumento de (Q_{licor}) provoca un mayor consumo de amoníaco en la UBP-Recuperación de NH_3 , lo que requiere de un posterior análisis técnico-económico por la empresa. El flujo tecnológico de la planta continúa con la pulpa enviada por bombas centrífugas hacia el distribuidor (DI-100 A y B) que es el encargado de distribuir hacia cuatro series de turbo aireadores (I A, I B, I C y II A), mientras que el DI-135 alimenta a las otras dos (II B y II C).

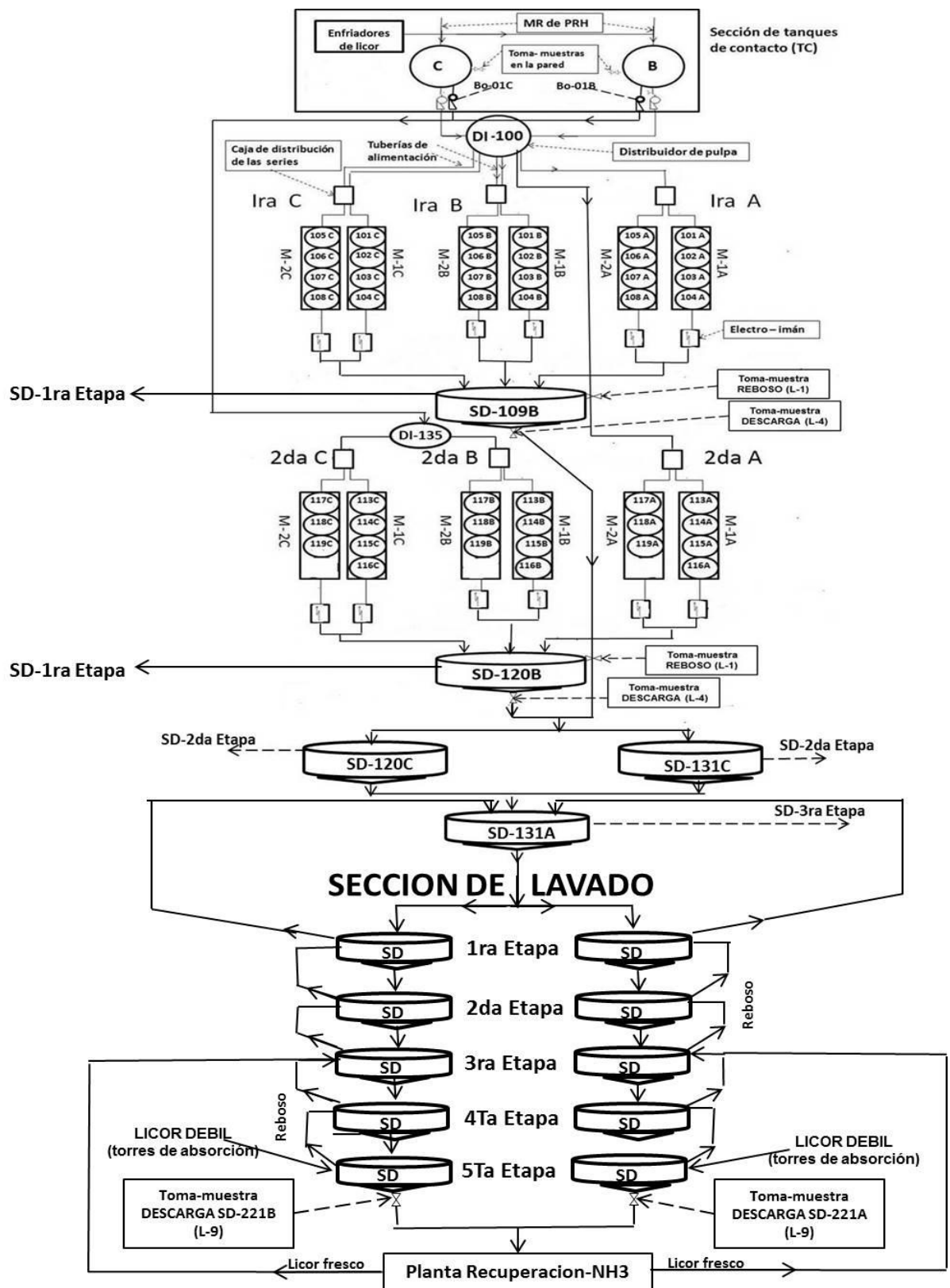


Figura 10 Caracterización de la UBP de Lixiviación y Lavado de la ECG.

Actualmente el área de Lixiviación, tiene disponible 6 series de TA donde actualmente operan 5 por baja capacidad productiva de la empresa. Cada serie tiene una caja distribuidora que ramifica el flujo de pulpa hacia dos miniseries (M-1 y M-2) que se encuentran situadas en cascada de 4 TA cada una y en el caso de II A, II B y II C; poseen 4 TA en la M-1 y 3 TA en la M-2. El total de TA disponibles en la UBP es 45, de estos, 38 trabajaron durante los meses de enero a marzo del 2016, y 7 estuvieron en mantenimiento. De los 38 TA operando, siempre existen algunos con problemas técnicos, entre los que se encuentran los relacionados con la aireación, que afectan la Eficiencia Operativa (EFO) y la productividad de la Planta. En el presente trabajo se determinarán dichas afectaciones como parte de la definición de la cantidad de días por mes que formarán parte de la BD.

Una vez distribuida la pulpa y suministrado el aire de los compresores a los TA ocurre el proceso de lixiviación y estos descargan a los SD (109B y 120 B) de 1ra etapa, del cual el reboso (LP) es enviado a la planta de Recuperación de NH_3 , y la pulpa del fondo de estos van a los SD de 2da etapa (120 C y 131C) que descargan al SD de 3ra etapa (131 A). La pulpa del fondo de este último SD pasan al área de Lavado y el reboso del SD de 1ra etapa de lavado va al SD-131 A.

La sección de Lavado cuenta con cinco etapas y la pulpa del fondo de la última es enviada a la planta de Recuperación de NH_3 , la que manda el licor fresco a los SD de 3ra etapa. El licor débil procedente de las torres de absorción de amoníaco de la planta de lixiviación y lavado se envía a los SD de la última etapa.

2.2 Fundamentación de la BD

El trabajo se desarrolló a escala industrial en el período comprendido entre el 1/1/2016 y el 31/3/2016 para cada primer turno de trabajo por ser estos en los que mejor se supervisan y controlan los parámetros de operación, garantizando de esta forma una mayor confiabilidad de los resultados. Para no introducir errores en el comportamiento de los lixiviados de níquel y cobalto se seleccionaron los 11 mejores días de cada mes, teniendo en cuenta el libro de incidencias y la información del CITECT.

Para escalar los resultados obtenidos en la unidad demostrativa (Serie Ira B) hacia toda la Planta se aplicó la metodología propuesta en el artículo (Chang et al, 2015c) en las condiciones normales de operación. Para la confección de la BD se utilizan las mismas variables que en el mencionado artículo: lixiviados de níquel y cobalto, número del mineral (NoMin), concentración de amoníaco (NH_3), concentración del dióxido de carbono (CO_2), relación (NH_3/CO_2), volumen específico del aire (V_a) y la velocidad específica de aireación (Q_a). Todas estas variables fueron transferidas por separado hacia un libro Excel para conformar la BD que permitieron limpiarla de los problemas operacionales. A continuación se explicará el procedimiento para obtener cada una.

2.2.1 Lixiviados de Níquel y Cobalto

Los Lixiviados de níquel y cobalto en el trabajo Chang et al. (2015c) fue el resultado de las muestras de sólido tomadas a la salida de los últimos TA de cada miniserie de la Serie Ira B, los que fueron analizados en el laboratorio del CEDINIQ, que serían análogos a las extracciones que se obtendrían de la muestra L-4 (Ver fig.10).

Al analizar toda la Planta, que es el objeto del presente trabajo, es necesario tomar los resultados de los lixiviados de níquel y cobalto del reporte de portada de la planta que incluye el lavado del mineral lixiviado, los que se calcularon por la ecuación (19) con los valores de los análisis químicos realizados a la muestra L-9 en el laboratorio central de la empresa por el método de espectrometría de absorción atómica (AAS) por la norma 648-IT-18.

2.2.1.2 Metodología de cálculo para determinar los lixiviados de níquel y cobalto

Los lixiviados de níquel y cobalto se calculan por la metodología establecida en la ECG, respecto al mineral alimentado (MA) a la planta de hornos de reducción (PHR), expresada por la fórmula general:

$$Lix(Me) = \left[1 - \left(\frac{Fe_{MA}}{Fe_{MLix}} \cdot \frac{Me_{MLix}}{Me_{MA}} \right) \right] \cdot 100, (\%) \quad (19)$$

donde :

(Me) : representa al níquel o al cobalto.

$Lix (Me)$: lixiviado y lavado de níquel y cobalto en la planta.

Fe_{MA} : contenidos de hierro en el MA a la PHR, (%).

Fe_{MLix} : contenidos de hierro en el mineral lixiviado, (%).

Me_{MA} : contenidos de níquel y cobalto en el MA a la PHR, (%).

Me_{MLix} : contenidos de níquel y cobalto en el mineral lixiviado y lavado, (%).

2.2.2 Número de Mineral (NoMin)

El NoMin es el que nos permite valorar la calidad de la materia prima como se demostró en el epígrafe 1.1.5 y se determina por la ecuación (16).

Los valores de los análisis químicos de la muestra HR1 del MA a la planta de Hornos de reducción (PHR) se muestran en la tabla 3, los cuales se tomaron de los reportes publicados en la CHENET por el laboratorio central de la empresa, que lo realiza por el método de fluorescencia de rayos X (FRX), según la norma NEIB.

Tabla 3 Contenidos de los elementos analizados en la muestra HR1

	Ni	Co	Fe	NoMin	SiO ₂	MgO
Mínimo	0,96	0,08	36,70	0,29	4,74	7,51
Máximo	1,20	0,12	45,60	5,80	1,69	9,51
Promedio	1,10	0,10	41,4	1,74	15,72	4,08

2.2.3 Concentración de NH₃, CO₂ y su relación (NH₃/CO₂) del Licor Producto

Debido a la influencia que ejercen estos en las extracciones de níquel y cobalto expuestas en el epígrafe 1.1.1 es de gran importancia conocer sus valores los cuales se tomaron del reporte publicado en la CHENET por el laboratorio central de los análisis químicos de la muestra L1 del cual se promediaron sus concentraciones en los sedimentadores SD-109B ,120B y

SD-120C, SD-131C de primera y segunda etapa respectivamente. Sus valores se muestran en la tabla 4.

Tabla 4 Concentración de NH₃ y CO₂ así como su relación en el licor a TC

Licor producto, (g/l)			
	NH ₃	CO ₂	R (NH ₃ /CO ₂)
Mínimo	79,97	53,17	1,40
Máximo	91,63	59,21	1,61
Promedio	85,31	55,84	1,53

El análisis de la concentración de NH₃ se realiza por el método de valoración por la norma NEIB 64-01-13 y la concentración de CO₂ por el método gasométrico que se fundamenta, en el principio de los gases ideales por la norma NRIB-649.

2.2.4 Volumen específico de aireación (V_a)

Este parámetro de aireación ejerce una gran influencia en los lixiviados de níquel y cobalto expuesto en el epígrafe 1.1.4 por lo que es necesario determinar y calcular su valor por la ecuación (20) con el objetivo de encontrar su flujo óptimo de operación para lograr alcanzar mejores lixiviados.

$$Va = \frac{Ga}{MR} \quad (20)$$

$$Va = \frac{(m^3 \cdot h^{-1})}{(t \cdot h^{-1})} = \frac{m^3}{t}$$

Este se determina por la ecuación:

$$MR = MA \cdot 0,756 \quad (21)$$

MA: Productividad de hornos de reducción por el mineral alimentado que se toma del reporte de portada de la PHR.

El factor 0,756 incluye el factor de reducción de masa y de pérdidas del mineral, el que varía según el balance de materiales de la empresa que realiza la dirección de producción. Para la confección de la base de datos, este factor se consideró constante por razones del escalado de Q_a desde la Serie Ira B hacia toda la Planta.

Para determinar el flujo másico de MR que va a cada serie (MR_{serie}) y a cada miniserie ($MR_{min-serie}$) se calcula considerando una distribución equitativa:

$$MR_{serie} = \frac{MR}{C_{series}} \quad (22)$$

donde:

C_{serie} : cantidad de series que están en operación (5)

$$MR_{min-serie} = \frac{MR_{serie}}{2} \quad (23)$$

Los flujos de aire (G_a , m^3/h) a cada TA se tomaron del CITECT y con la ayuda de la herramienta CITEC CLAIINT se gestionaron estos para cada TA en todos los primeros turnos del período analizado cada diez minutos.

Luego, se determinó el G_a promedio y su desviación estándar de cada TA para cada día y se sumaron todos los valores promedios de G_a de cada TA (G_{aTA}) de la miniserie para obtener el G_a de la miniserie por la expresión:

$$Ga_{miniserie} = \sum_1^n Ga_{TA} \quad (24)$$

$$Ga = \frac{m^3}{h}$$

Por la ecuación 25 y 26 se determina el V_a para cada TA y para cada miniserie:

$$Va_{TA} = \frac{Ga_{TA}}{MR_{min-serie}} \quad (25)$$

$$Va_{min-serie} = \frac{Ga_{min-serie}}{MR_{min-serie}} \quad (26)$$

Donde:

Va_{TA} : V_a de cada TA

$Va_{min-serie}$: V_a de cada miniserie.

Para determinar el V_a de la serie se ponderaron los resultados de las dos miniseries por la ecuación:

$$Va_{SERIE} = Va_{M-1} \cdot \frac{C_{TAM-1}}{C_{TAserie}} + Va_{M-2} \cdot \frac{C_{TAM-2}}{C_{TAserie}} \quad (27)$$

donde:

Va_{SERIE} : V_a la serie

Va_{M-1} Va_{M-2} : V_a de la miniserie 1 y 2

C_{TAM-1} C_{TAM-2} : Cantidad de TA que están operando en la miniserie 1 y 2

$C_{TAserie}$: Cantidad de TA que están operando en la serie

El volumen específico de aireación de todas las series (V_{aTOTAL}) para cada día se determina hallando el promedio de los valores de V_a para cada serie como se muestra:

$$Va_{TOTAL} = \frac{\sum^n Va_{series}}{C_{series}} \quad (28)$$

donde:

C_{series} : cantidad de series que están operando.

2.2.5 Velocidad específica de aireación, Q_a

Basado en la metodología propuesta en el artículo (Chang et al, 2015c) se demostró la posibilidad de implementar el control del parámetro Q_a de aireación por el modelo empírico del TR en función del Q_{pulpa} (15) alimentado a cada miniserie con previo conocimiento de V_a en cada TA. Este nuevo parámetro se calcula por la ecuación:

$$Qa = \frac{Va}{TR} \quad (29)$$

$$Qa = \frac{(m^3 \cdot t^{-1})}{min} = \frac{m^3}{(t \cdot min)}$$

Para determinar el TR es necesario conocer el flujo de pulpa de entrada a la planta la cual se calcula por la ecuación siguiente:

$$Q_{pulpa} = \frac{MR + Q_{masic-licor}}{\partial_{pulpa}} \quad (30)$$

$$Q_{pulpa} = \frac{t \cdot h^{-1} + t \cdot h^{-1}}{t \cdot m^{-3}} = \frac{m^3}{h}$$

donde:

$Q_{masic-licor}$ - flujo másico de licor

∂_{pulpa} - densidad de la pulpa

La densidad de la pulpa (kg/m^3) en los TC se tomaron del reporte de portada de la planta para las series B y C por el toma-muestra de la pared de los TC cuyos valores se promedian para obtener el valor de las densidades para cada día. Esta densidad se divide por 1000 para obtener la densidad de la pulpa en t/m^3 .

Del CITECT se toman los valores de los flujos de licor Q_{licor} a las canales de los TC cada 10 minutos y luego se promedian para obtener sus valores, con estos resultados y con la densidad del licor ∂_{licor} que es $1,034 \text{ t/m}^3$ se determina el $Q_{masic-licor}$ por la ecuación:

$$Q_{masic-licor} = Q_{licor} \cdot \partial_{licor} \quad (31)$$

$$Q_{licor} = \left(\frac{m^3}{h} \right) \cdot \left(\frac{t}{m^3} \right)$$

$$Q_{licor} = \frac{t}{h}$$

Con los valores de Q_{pulpa} de entrada a la planta se calcula el Q_{pulpa} de cada serie y miniserie por la ecuación:

$$Q_{pulpa-serie} = \frac{Q_{pulpa}}{C_{Series}} \quad (32)$$

$$Q_{min-serie} = \frac{Q_{pulpa-serie}}{2} \quad (33)$$

donde:

$Q_{pulpa-serie}$: Q_{pulpa} a cada serie

$Q_{min-serie}$: Q_{pulpa} a cada miniserie.

C_{Series} : cantidad de series que están en operación igual a cinco.

Con los $Q_{min-serie}$ se calcula el TR para las miniseries de 4TA por la ecuación (15) y con este se determina el TR de cada TA por la ecuación:

$$TR_{TA} = \frac{TR_{min-serie}}{C_{TA}} \quad (34)$$

donde:

TR_{TA} : TR de cada TA

C_{TA} : Cantidad de TA que tiene la miniserie.

Para las miniseries de 3TA el TR es:

$$TR_{\min-serie3} = TR_{TA1} + TR_{TA2} + TR_{TA3} \quad (35)$$

donde:

$TR_{TA1}, TR_{TA2}, TR_{TA3}$: TR de los TA 1,2 y 3 .

Con los valores de TR y Q_{pulpa} a cada miniserie se calcula Q_a para cada TA y miniserie por las ecuaciones:

$$Qa_{TA} = \frac{Va_{TA}}{TR_{TA}} \quad (36)$$

$$Qa_{\min-serie} = \frac{Va_{\min-serie}}{TR_{\min-serie}} \quad (37)$$

Para determinar el Q_a de la Serie se ponderaron los resultados de las dos miniseries:

$$Qa_{SERIE} = Qa_{M-1} \cdot \frac{C_{TAM-1}}{C_{TAserie}} + Qa_{M-2} \cdot \frac{C_{TAM-2}}{C_{TAserie}} \quad (38)$$

donde:

Qa_{SERIE} : Q_a de la Serie

Qa_{M-1}, Qa_{M-2} : Q_a de la miniserie 1 y 2

C_{TAM-1}, C_{TAM-2} : Cantidad de TA que están operando en la miniserie 1 y 2

$C_{TAserie}$: Cantidad de TA que están operando en la Serie

La velocidad específica de aireación de todas las series (Qa_{TOTAL}) para cada día se determina hallando el promedio de los valores de Q_a para cada serie como se muestra:

$$Qa_{TOTAL} = \frac{\sum_{i=1}^n Qa_{series}}{C_{series}} \quad (39)$$

donde:

$Q_{a\text{series}}$: Q_a para cada serie.

C_{series} : Cantidad de series que están operando.

Es importante esclarecer que el escalado de este procedimiento de la Serie Ira B hacia toda la Planta debe garantizar la obtención de una BD en la región recomendada por Chang et al. 2015c para Q_a y V_a (ver capítulo 1), debido a que los TA admiten menos flujos volumétricos de aire desde mediados del año 2015 comparado con los del 2014, lo que permitirá obtener mayores lixiviados de níquel y cobalto, cuya tendencia se aproxime a sus máximos valores con una pequeña pendiente al disminuir Q_a y V_a , lo que constituye la hipótesis teórico-experimental del presente capítulo.

2.3 Procesamiento de los resultados

Se empleó la herramienta MICROSOFT EXCEL-2010 para confeccionar los gráficos de los lixiviados de níquel y cobalto en función de cada variable analizada, que incluyó su ecuación de regresión con el coeficiente de distribución R^2 . También se utilizó para el análisis de los coeficientes de correlación de cada variable respecto a los lixiviados de níquel y cobalto.

2.4 Conclusiones del capítulo 2

- 1) Se creó una metodología confiable para escalar Q_a desde una UDP- Serie Ira B – hacia toda la Planta de Lixiviación y Lavado que permite obtener una BD de los Lixiviados de Níquel y Co en la zona de valores de $(Q_a < 1,5) \text{ m}^3 \cdot (t_{MR} \cdot \text{min})^{-1}$ y $(V_a < 120) \text{ m}^3 \cdot t_{MR}^{-1}$ para alcanzar la región de sus valores deseados que se correspondan con los máximos de ambos lixiviados;
- 2) Se fundamentó el procedimiento para implementar el nuevo parámetro Q_a programado en un libro de Excel-2010 que facilita la operación del flujo volumétrico de aire (G_a) a los TA de toda la Planta, a partir de los valores deseados de V_a y Q_a ;
- 3) Se fundamentaron las metodologías para recolectar los valores de las principales variables del proceso para toda la Planta, en correspondencia con la experiencia práctica y teórica analizada en el

capítulo 1, lo que permitirá evaluar la magnitud de sus influencias sobre los lixiviados de níquel y cobalto, mediante el análisis estadístico del coeficiente de correlación, usando como herramienta el EXCEL.

CAPITULO 3

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados primarios de la recolección de datos por el CITECT y el cálculo de las variables de interés se muestran en el ANEXO 1.

A continuación se explicara cómo se obtuvo cada variable para un día de prueba, ya que para los demás días se determinan de igual forma.

3.1 Determinación de cada variable para el día 1 de enero del 2016

3.1.1 Determinación de los lixiviados de níquel y cobalto

Los resultados de los lixiviados de níquel y cobalto se tomaron del reporte de portada de la planta de lixiviación como se muestran en la tabla A2.1 del anexo 2.

Tabla 3 Resultados de los lixiviados

Lixiviado de Níquel	Lixiviado de Co
75,423	40,847

3.1.2 Determinación del número del mineral, NoMin

Para determinar el NoMin se necesitan conocer los contenidos de la muestra HR1 del MA que se tomó del reporte de portada de la PHR para ese día como se muestran en la tabla A2.2 del anexo 2, cuyos valores se muestra en la tabla 4 .

Tabla 4 Contenido de los elementos analizados en HR1

Contenidos de la muestra HR1 en (%)				
Ni	Fe	Co	SiO ₂	MgO
1,095	36,700	0,083	13,323	5,583

Luego se procede a calcular el NoMin por la ecuacion 16 sustituyendo sus valores:

$$NoMin = \frac{36,700 \cdot 1,095}{13,323 \cdot 5,583} = 0,54$$

3.1.3 Determinación de la concentración de NH_3 , CO_2 y su relación en el licor producto

Por los resultados de la muestra L1 que se tomaron del reporte del laboratorio (ver tabla A2.3 del anexo 2) se promediaron las concentraciones de NH_3 y CO_2 de los sedimentadores de primera y segunda etapa cuyos valores se muestran en la tabla 5.

Tabla 5 Resultados de las concentraciones de NH_3 y CO_2 en el Licor Producto (LP)

Concentración en el LP (g/L)	
NH_3	CO_2
83,316	56,0795

$$R\left(\frac{\text{NH}_3}{\text{CO}_2}\right) = \frac{83,316}{56,0795} = 1,486$$

3.1.4 Determinación de V_a

Para su determinación se tomaron los G_a de cada TA cada diez minutos del CITECT y en una hoja Excel se determinó el G_a promedio y la desviación estándar de cada TA como se muestra en la tabla A2.5 del anexo 2, cuyos valores se muestran en la tabla 6.

Tabla 6 Valores de los G_a y desviaciones (desv) de cada TA

SERIE 1ra A			SERIE 1ra B			SERIE 1ra C		
No.TA	G_a , m ³ /h	Desv	No.TA	G_a , m ³ /h	Desv	No.TA	G_a , m ³ /h	Desv
SERIE	SUM(M-1A+M-2A) 4559,604		SERIE	SUM(M-1B+M-2B) 4559,298		SERIE	SUM(M-1C+M-2C) 4507,378	
M-1 A	SUM(101:104) 2279,664		M-1 B	SUM(101:104) 2279,810		M-1 C	SUM(101:104) 2298,851	
101	569,772	8,77	101	569,955	1,42	101	570,096	5,49
102	569,917	3,98	102	569,930	3,39	102	588,855	75,29
103	569,980	2,39	103	570,002	2,19	103	569,877	5,97
104	569,995	3,22	104	569,923	2,85	104	570,022	6,59
M-2 A	SUM(105:108) 2279,940		M-2 B	SUM(105:108) 2279,488		M-2 C	SUM(105:108) 2208,528	
105	569,959	4,12	105	569,972	5,79	105	569,959	2,99
106	569,938	10,76	106	569,957	3,18	106	498,458	4,40
107	569,931	2,14	107	569,660	1,76	107	570,028	5,12
108	570,121	2,54	108	569,899	4,05	108	570,082	6,18
SERIE 2da A			SERIE 2da B					
No.TA	G_a , m ³ /h	Desv	No.TA	G_a , m ³ /h	Desv			
SERIE	SUM(M-1A ₂ +M-2A ₂) 4320,035		SERIE	SUM(M-1B ₂ +M-2B ₂) 4410,402				
M-1A₂	SUM(113:116) 2280,050		M-1B₂	SUM(113:116) 2370,571				
113	570,301	4,43	113	630,835	12,93			
114	569,948	2,51	114	569,935	1,36			
115	569,839	5,04	115	599,950	3,10			
116	569,962	1,25	116	569,851	6,47			
M-2A₂	2039,985		M-2B₂	2039,831				
117	679,917	5,55	117	680,042	3,72			
118	680,045	0,82	118	679,962	3,33			
119	680,022	6,47	119	679,826	6,22			

Como se muestra en la tabla 6 el G_a para cada miniserie es la suma de los G_a de cada TA y el de la Serie es la suma del G_a de cada miniserie.

Por el valor del MA tomado del reporte de portada de PHR que se muestra en la tabla A2.4 del anexo 2, se determina el valor de MR a la planta por la ecuación 21:

$$MA = 290,11 \text{ t} \cdot h^{-1}$$

$$MR = 290,11 \cdot 0,756$$

$$MR = 219,323 \text{ t} \cdot h^{-1}$$

El MR a cada serie y miniserie se calcula por las ecuaciones 22 y 23:

$$MR_{SERIE} = \frac{219,323}{5} = 43,865 \text{ t} \cdot h^{-1}$$

$$MR_{miniserie} = \frac{43,865}{2} = 21,932 \text{ t} \cdot h^{-1}$$

Con los G_a de cada TA y del MR a cada miniserie se procede a determinar el valor de V_a para cada TA (V_{aTA}) por la ecuación 25:

Para las series de 8 TA

Se ilustra el procedimiento en la Serie 1ra A

$$V_{aTA-101A} = \frac{569,772}{21,932} = 25,979 \frac{m^3}{t}$$

Para el resto de los TA se calcula por el mismo procedimiento.

Conocidos los V_a de todos los TA de las miniseries se suman y se dividen por su correspondiente tonelaje de MR para obtener el V_a de cada miniserie.

$$V_{aM-1A} = \frac{2279,664}{21,932} = 103,941 \frac{m^3}{t}$$

Para las demás miniseries se determina de igual forma.

El valor medio ponderado de V_a para cada serie se determina por la ecuación 27:

$$V_{a1-A} = 103,941 \cdot \left(\frac{4}{8}\right) + 103,953 \cdot \left(\frac{4}{8}\right)$$

$$V_{a1-A} = 103,947 \frac{m^3}{t}$$

Para las series de 7 TA se ilustra la ponderación para la serie 2da A:

$$V_{a2-A} = 103,958 \cdot \left(\frac{4}{7}\right) + 93,01 \cdot \left(\frac{3}{7}\right)$$

$$V_{a2-A} = 99,267 \frac{m^3}{t}$$

Análogamente se determina para las demás series.

Para calcular el valor de V_a para todas las series (UBP) se utiliza la ecuación 28:

$$Va_{TOTAL} = \frac{103,947 + 103,940 + 102,757 + 99,267 + 101,623}{5}$$

$$Va_{TOTAL} = 102,307 \frac{m^3}{t}$$

3.1.5 Determinación de Q_a

Para determinar el valor de Q_a se necesita dividir los valores de V_a por el TR. Este último depende del Q_{pulpa} en cada miniserie por el modelo (ver ecuación 15).

3.1.5.1 Cálculo del TR

Los Q_{licor} se tomaron del CITECT cada diez minutos y se le determinó su valor promedio para cada día como muestra la tabla A2.6 del anexo 2. Con este valor y con su densidad que es $1,034 \text{ t/m}^3$ se calcula el $Q_{masic-licor}$ por la ecuación 31:

$$Q_{licor} = 1414,007 \text{ m}^3 \cdot h^{-1}$$

$$Q_{masic-licor} = 1414,007 \cdot 1,034$$

$$Q_{masic-licor} = 1462,083 \text{ t} \cdot h^{-1}$$

La densidad de la pulpa en los TC se tomaron del reporte de operaciones de la planta (ver tabla A2.7 del anexo 2) y se promediaron los valores de las dos series (B y C) para cada día:

$$\partial_{pulpa} = 1,113 \frac{t}{m^3}$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 30 se obtiene el Q_{pulpa} a toda la planta:

$$Q_{pulpa} = \frac{219,323 + 1462,083}{1,113}$$

$$Q_{pulpa} = 1510,698 \text{ m}^3 \cdot h^{-1}$$

Para los cálculos se asume que la distribución de pulpa es pareja, por lo que el flujo para cada serie ($Q_{pulpa-SERIE}$) y miniserie se calculan por la ecuación 32 y 33:

$$Q_{pulpa-SERIE} = \frac{1510,698}{5}$$

$$Q_{pulpa-SERIE} = 302,140 \text{ m}^3 \cdot h^{-1}$$

$$Q_{pulpa-\text{min iserie}} = \frac{302,140}{2}$$

$$Q_{pulpa-\text{min iserie}} = 151,070 \text{ m}^3 \cdot h^{-1}$$

Determinación del TR para las miniseries y para cada TA:

Para las miniserie de 4 TA se emplea la ecuación 15:

$$TR = 13297 \cdot (151,070)^{-0,999}$$

$$TR = 88,462 \text{ min}$$

y para cada TA su TR se emplea la ecuación 34:

$$TR_{TA} = \frac{88,462}{4}$$

$$TR_{TA} = 22,115 \text{ min}$$

Para las miniseries de tres TA se determina sumando:

$$TR_{\text{min-serie3}} = 22,115 + 22,115 + 22,115$$

$$TR_{\text{min-serie3}} = 66,346 \text{ min}$$

3.1.5.2 Cálculo de Q_a

Para cada TA y para las miniseries

Conocidos el TR y V_a para cada TA, se divide este último por el primero, lo que se ilustra a continuación.

Para las series de 8 TA se ilustra el procedimiento en la Serie 1ra A.

$$Q_{a_{TA-101A}} = \frac{25,979}{22,115} = 1,175 \frac{\text{m}^3}{(t \cdot \text{min})}$$

Para los demás TA se determina de la misma manera.

Entonces para la miniserie 1 de la Serie 1ra A se obtiene:

$$Q_{a_{M-1A}} = \frac{103,941}{88,462} = 1,175 \frac{\text{m}^3}{(t \cdot \text{min})}$$

Análogamente se calcula para las demás miniseries.

El valor de Q_a ponderado de cada serie se determina por la ecuación 38:

Para las series de 8 TA:

$$Qa_{1-A} = 1,175 \cdot \left(\frac{4}{8}\right) + 1,175 \cdot \left(\frac{4}{8}\right)$$

$$Qa_{1-A} = 1,175 \frac{m^3}{t \cdot \min}$$

Para las series de 7 TA:

$$Qa_{2-A} = 1,175 \cdot \left(\frac{4}{7}\right) + 1,402 \cdot \left(\frac{3}{7}\right)$$

$$Qa_{2-A} = 1,272 \frac{m^3}{t \cdot \min}$$

Para determinar el Q_a de todas las series se obtiene:

$$Qa_{TOTAL} = \frac{1,175 + 1,175 + 1,162 + 1,272 + 1,299}{5}$$

$$Qa_{TOTAL} = 1,217 \frac{m^3}{t \cdot \min}$$

Después de realizados los cálculos anteriores para toda la planta se introducen en la tabla 7.

Tabla 7 Resultados de Q_a y V_a para el día 1 de enero del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a\ pond}$	$Q_{a\ pond}$
SERIES	m^3/h	t/h	m^3/t	$m^3/(t \cdot min)$	Min	m^3/t	$m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4560	43,9	-	-	-	103,947	1,175
M-1A	2280	21,9	103,94	1,175	88,5		
101	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
102	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
103	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
104	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
M-2A	2280	21,9	103,95	1,175	88,5		
105	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
106	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
107	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
108	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
1ra B	4559	43,9	-	-	-	103,940	1,175
M-1B	2280	21,9	103,95	1,175	88,5		
101	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
102	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
103	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
104	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
M-2B	2279	21,9	103,93	1,175	88,5		
105	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
106	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
107	570	21,9	25,97	1,174	22,1		
108	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
1ra C	4507	43,9	-	-	-	102,757	1,162
M-1C	2299	21,9	104,82	1,185	88,5		
101	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
102	589	21,9	26,85	1,214	22,1		
103	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
104	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
M-2C	2208	21,9	100,70	1,138	88,5		
105	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
106	498	21,9	22,73	1,028	22,1		
107	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
108	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
2da A	4320	43,9	-	-	-	99,267	1,272
M-1A ₂	2280	21,9	103,96	1,175	88,5		
113	570	21,9	26,00	1,176	22,1		
114	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
115	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
116	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
M-2A ₂	2040	21,9	93,01	1,402	66,3		
117	680	21,9	31,00	1,402	22,1		
118	680	21,9	31,01	1,402	22,1		
119	680	21,9	31,01	1,402	22,1		
2da B	4410	43,9	-	-	-	101,623	1,299
M-1B ₂	2371	21,9	108,09	1,222	88,5		
113	631	21,9	28,76	1,301	22,1		
114	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
115	600	21,9	27,35	1,237	22,1		
116	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
M-2B ₂	2040	21,9	93,01	1,402	88,5		
117	680	21,9	31,01	1,402	22,1		
118	680	21,9	31,00	1,402	22,1		
119	680	21,9	31,00	1,402	22,1		
TOTAL para la UBP						102,307	1,217

Análogamente se realiza para los demás días y con la unión de todos los resultados queda conformada la BD general que se muestra en la tabla 8, la que recoge los 33 días escogidos de los meses de prueba, por la cual se construyeron los gráficos que manifiestan la influencia de los parámetros de aireación sobre los lixiviados de níquel y cobalto.

TABLA 8 Base de Datos general

FECHA	Lix Ni	Lix Co	NoMin	NH ₃	R(NH ₃ /CO ₂)	Q _a	V _a
2016	%	%	-	g/L	-	m ³ /(t·min)	m ³ /t
01-01-2016	75,423	40,847	0,540	83,316	1,486	1,217	102,307
02-01-2016	74,726	40,357	0,971	88,866	1,604	1,216	101,414
04-01-2016	79,229	44,921	0,606	83,017	1,451	1,241	103,978
05-01-2016	81,976	47,750	0,877	81,318	1,444	1,245	104,492
08-01-2016	76,860	48,779	0,771	80,767	1,482	1,318	112,171
10-01-2016	79,785	39,871	0,767	80,867	1,403	1,243	102,075
11-01-2016	79,155	42,126	0,658	79,968	1,455	1,226	100,565
14-01-2016	79,783	45,425	0,641	80,667	1,468	1,190	102,697
15-01-2016	78,183	48,012	0,740	80,817	1,470	1,247	103,393
18-01-2016	78,538	44,625	0,949	80,917	1,503	1,217	100,467
30-01-2016	74,885	44,776	0,567	81,967	1,485	1,211	103,801
02-02-2016	74,912	38,732	0,527	83,616	1,521	1,312	109,271
03-02-2016	73,959	37,981	0,790	83,816	1,525	1,225	107,023
04-02-2016	76,037	41,489	0,743	85,965	1,521	1,293	105,470
05-02-2016	74,627	33,426	0,493	85,765	1,542	1,252	105,813
06-02-2016	76,470	28,552	0,290	85,166	1,537	1,344	109,356
07-02-2016	74,512	30,332	0,398	84,966	1,521	1,273	103,700
22-02-2016	77,284	55,288	3,026	85,966	1,570	1,098	93,356
24-02-2016	80,309	52,084	3,109	87,315	1,582	1,305	103,679
25-02-2016	78,704	51,410	2,243	88,315	1,594	1,187	99,330
28-02-2016	78,880	52,465	3,535	90,814	1,534	1,225	95,934
29-02-2016	77,951	46,567	4,421	91,633	1,584	1,262	100,687
05-03-2016	82,427	47,142	1,198	88,265	1,602	1,282	108,759
06-03-2016	81,937	46,622	2,716	88,065	1,589	1,266	108,357
07-03-2016	80,954	54,682	2,864	87,465	1,560	1,234	105,087
08-03-2016	79,499	51,028	3,834	87,865	1,579	1,269	110,655
11-03-2016	82,867	49,878	1,735	88,035	1,564	1,300	108,262
14-03-2016	84,249	50,126	0,987	88,515	1,536	1,072	89,079
17-03-2016	83,024	48,010	0,705	86,316	1,539	1,031	87,621
20-03-2016	79,739	48,036	5,801	85,816	1,524	1,033	87,867
21-03-2016	80,115	55,646	3,954	85,566	1,609	1,038	88,029
29-03-2016	81,465	47,934	3,625	87,615	1,526	1,035	88,896

31-03-2016	81,987	55,265	1,572	85,866	1,562	1,165	97,426
------------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	--------

Por cuanto en la empresa ECG se evalúa el resultado de la lixiviación por los lixiviados de níquel y cobalto, entonces, el análisis estadístico de la correlación par de cada parámetro se realizó preferentemente por los datos de las columnas 2 y 3 de la tabla.

3.2 Influencia de Q_a y V_a sobre los lixiviados de Níquel y Co

Uno de los propósitos de este epígrafe es encontrar la región óptima de operación de los parámetros Q_a y V_a que corresponde a los máximos valores de los lixiviados de níquel y cobalto, los cuales se explicaran a continuación basados en las figuras 11 y 12.

La influencia del nuevo parámetro de aireación Q_a sobre los lixiviados de níquel y cobalto (fig. 11), muestra una clara tendencia a su disminución al aumentar Q_a en especial para los lixiviados de cobalto. Los gráficos se construyeron para ambos lixiviados en la línea de tendencia polinómica de grado. Como se observa en el gráfico los máximos lixiviados de níquel se obtienen para rangos $1,03 < Q_a < 1,10$. En este intervalo se puede tomar un valor de compromiso para ambos lixiviados, por ejemplo 1,07; el que considera el mínimo de G_a que puede asumir el TA actualmente.

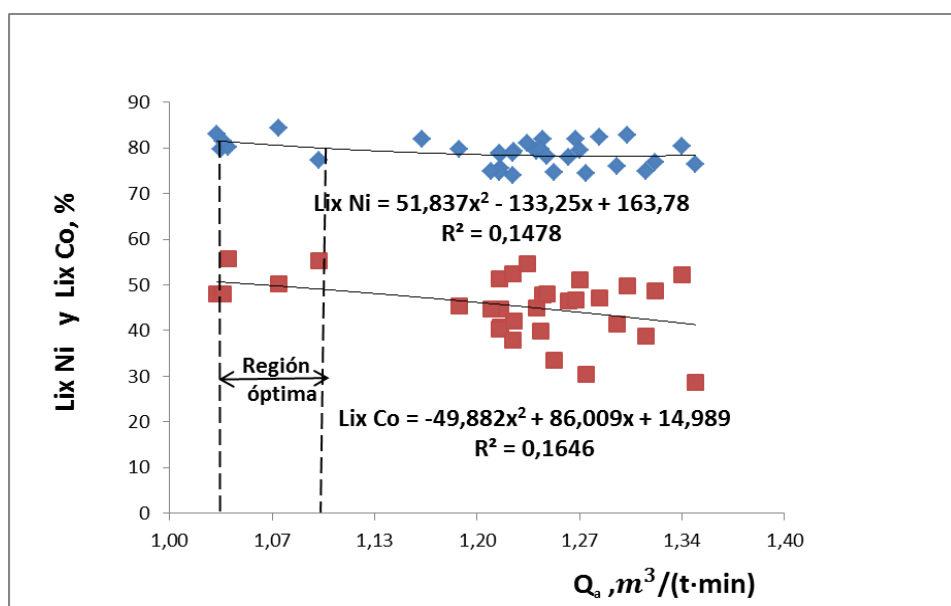


Figura 11 Tendencia de los lixiviados de níquel y cobalto en función de Q_a .

En el caso de la influencia del volumen específico de aire V_a , el comportamiento de los lixiviados de níquel y cobalto es similar, el cual se muestra en las figuras 12, pero con una línea de tendencia polinómica de grado 3.

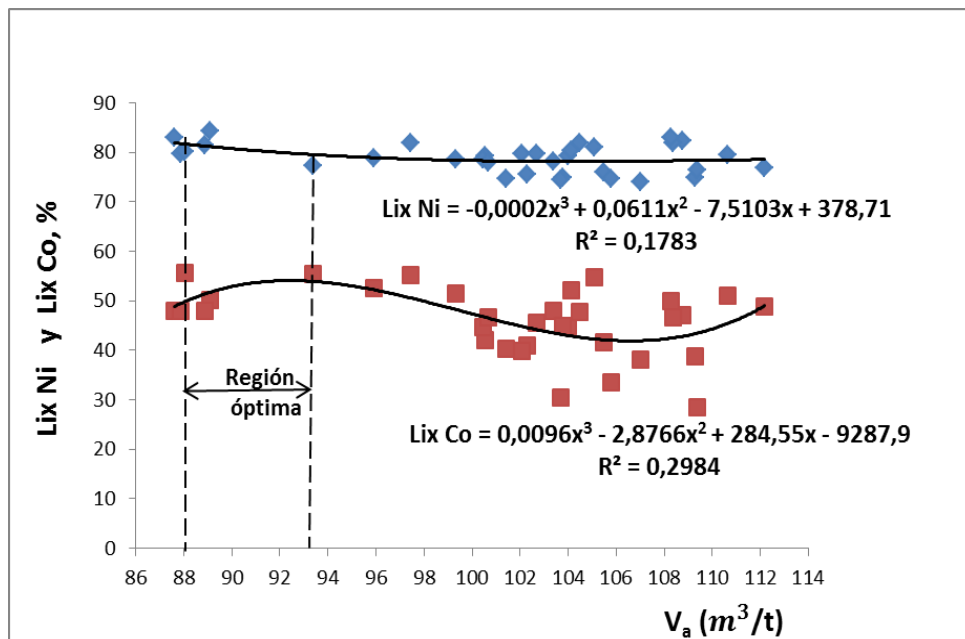


Figura 12 Tendencia de los lixiviados de níquel y cobalto en función de V_a .

Como se observa en el gráfico, los máximos lixiviados de níquel se obtienen para rangos $88 < V_a < 93$. En este intervalo se puede tomar un valor de compromiso para ambos lixiviados, por ejemplo 89, el que considera el mínimo de G_a que puede asumir el TA actualmente.

Al comparar los resultados obtenidos con los del trabajo realizado en la serie 1ra B, expuestos en el capítulo 1, figuras 5 y 6, se confirmó la regularidad de comportamiento de estos parámetros de aireación y se demostró que para valores de $Q_a < 1,5$ y $V_a < 120$ que fue lo recomendado se encontraban los máximos lixiviados de níquel y cobalto.

3.3 Análisis de los coeficientes de correlación par de los Lixiviados de Níquel y Cobalto

Este análisis se realiza por la tabla 8 cuyos resultados se muestran en la tabla 9 indicando las tendencias de los Lixiviados de níquel y cobalto siguientes:

Tabla 9 Coeficientes de correlación par de los Lixiviados de Níquel y Cobalto

Lixiviados de Níquel				
NoMin	NH ₃ ,g/L	R(NH ₃ /CO ₂)	Q _a , m ³ /(t · min)	V _a , m ³ /t
0,301	0,239	0,127	-0,363	-0,360
Lixiviados de Cobalto				
0,578	0,285	0,318	-0,425	-0,396

- Sobre los lixiviados de níquel influyen positivamente, en el orden de importancia que indican sus valores, el incremento de los parámetros: NoMin, NH₃ y R (NH₃/CO₂).
- Sobre los lixiviados de níquel influyen negativamente, de forma significativa, el incremento de Q_a y V_a.
- Sobre los lixiviados de cobalto influyen positivamente el incremento de los parámetros siguientes, según el orden: NoMin, R (NH₃/CO₂) y el NH₃.
- Sobre los lixiviados de cobalto influyen negativamente, de forma significativa, el incremento de Q_a y V_a.
- Al compararlos con los lixiviados de níquel se confirma que al aumentar Q_a y V_a se afectan más los lixiviados de cobalto que los lixiviados de níquel.

Estas regularidades están en correspondencia con los resultados teóricos y experimentales analizados en el capítulo 1 y demuestra la hipótesis planteada al final del epígrafe 2.2.5.

El resultado de la evaluación de los epígrafes 3.2 y 3.3 nos permite tomar la decisión de implementar el nuevo parámetro de aireación Q_a en la UBP - Lixiviación y Lavado mediante un procedimiento que se explicara continuación.

3.4 Procedimiento para la implementación de Q_a en la UBP-Lixiviación y Lavado

Para introducir el nuevo parámetro Q_a , se deberá elaborar una nueva herramienta para operar el aire en compromiso con V_a , los cuales se le denominarán “deseados”. Más abajo, se ilustra una propuesta de procedimiento ordenado para calcular los flujos volumétricos de aire que deberán ser introducidos en el “Set Point” del CITECT para cada TA de una Serie.

Ilustración del procedimiento para las series de 8 TA

Los datos se tomaron de la producción y se ilustrara el procedimiento para la serie 1ra A.

- a) Después de distribuida la pulpa y el MR por cada serie y miniserie se conocerán los datos que se muestran en la tabla 10.

Tabla 10 Distribución de pulpa y MR a Serie 1ra A y sus miniseries

Serie	MR, t/h	Q_{pulpas} , m ³ /h
1ra A	42,9	302,3
M-1 ^a	21,5	151,1
M-2 ^a	21,5	151,1

- b) Por los conocidos Q_{pulpa} por miniserie se calculan los TR, empleando el modelo antes mencionado, el cual se programa en Microsoft EXCEL-2010, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 11.

Tabla 11 Cálculo del TR de la pulpa para cada miniserie por el modelo programado en EXCEL-2010

SERIE 1ra A. Miniseries	Coeficiente Libre	Q_{pulpa} en m ³ /h	Exponente de Q_{pulpa}	TR, en min
M-1A	13297	151,1	-0,999	88,4
M-2A	13297	151,1	-0,999	88,4

Al dividir por cuatro los valores de TR de la miniserie se obtiene el de cada TA que va a ser 22,10 min.

- c) De acuerdo a los resultados de optimización antes explicados, se seleccionan los “valores deseados” de $Q_a = 1,07 \text{ m}^3/(\text{t} \cdot \text{min})$ para los dos primeros TA de cada miniserie, porque es donde se precipitan la mayor masa de OHH que provocan las pérdidas de níquel y cobalto por coprecipitación segregante, mientras que $V_a = 89 \text{ m}^3/\text{t}$ se corresponde con el valor total de cada una de las miniseries dentro de la región óptima.
- d) Conociendo los TR y el Q_a de los dos primeros TA (101,102) se determina su V_a multiplicándolos:

$$Va_{101,102} = 22,10 \cdot 1,07$$

$$Va_{101,102} = 23,7 \frac{\text{m}^3}{\text{t}}$$

- e) Para el TA-103 se disminuye Q_a con respecto al deseado en función de lograr V_a en la miniserie:

$$Qa_{103} = Q_{deseado} - 0,1$$

$$Qa_{103} = 1,07 - 0,1$$

$$Qa_{103} = 0,97 \frac{\text{m}^3}{(\text{t} \cdot \text{min})}$$

Donde 0,1 depende del % de distribución de G_a en la miniserie (ver tabla 12).

El V_a del TA-103 se calcula como en el inciso d:

$$Va_{103} = 22,10 \cdot 0,97$$

$$Va_{103} = 21,4 \frac{\text{m}^3}{\text{t}}$$

- f) Para el TA-104, V_a es igual al valor de V_a deseado menos la suma de los tres TA (101, 102,103) anteriores para completar el valor de $V_a = 89 \text{ m}^3/\text{t}$.

$$Va_{104} = Va_{deseado} - (Va_{101} + Va_{102} + Va_{103})$$

$$Va_{104} = 89 - 68,7$$

$$Va_{104} = 20,3 \frac{\text{m}^3}{\text{t}}$$

Su Q_a va a ser igual a la división de V_a por el TR correspondiente a un TA:

$$Qa_{104} = \frac{20,3}{22,1}$$

$$Qa_{104} = 0,92 \frac{m^3}{(t \cdot \min)}$$

- g) Se calcula el flujo volumétrico de aire por TA multiplicando los valores de V_a por el flujo másico de MR en t/h.

$$Ga_{101} = Va_{101} \cdot TR_{MR}$$

$$Ga_{101} = 23,7 \cdot 21,5$$

$$Ga_{101} = 508 \frac{m^3}{h}$$

Análogamente se determina para los demás TA de cada miniserie, los cuales se muestran en la tabla 12.

- h) La suma de los cuatros G_a constituye el total de m^3/h que se suministra a la miniserie, representando el 100 % del aire.

Tabla 12 Flujos de aire y su % de distribución.

1ra A	$G_a, m^3/h$	% G_a
M-1^a	1911	100,0
101	508	26,6
102	508	26,6
103	460	24,0
104	435	22,8

Por el % de distribución de G_a se manipula el Q_a en el TA-103 de tal manera que se encuentre alrededor del 24%, para evitar una variación brusca en el cuarto TA.

Este mismo procedimiento se realiza para determinar la segunda miniserie. Los valores hallados de G_a por TA se colocan en el “Set Point” del CITECT. Los resultados del procedimiento se ilustran en la tabla 13 programada en EXCEL.

Tabla 13 Ilustración numérica del procedimiento de dirección del aire para Series con 8 TA, programado en una hoja de cálculo de EXCEL

	G _a	MR	V _a	Q _a	TR	Valores deseados de:	
TA No.	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	min	Q _a	V _a
SERIE Ira A	3822	42,9	89,0			1,07	89,0
M-1^a	1911	21,5	89,0	1,01	88,4		
101	508	21,5	23,7	1,07	22,10		SUM 3 TA
102	508	21,5	23,7	1,07	22,10	M-1A	68,7
103	460	21,5	21,4	0,97	22,10		
104	435	21,5	20,3	0,92	22,10		
M-2A	1911	21,5	89	1,01	88,4		SUM 3 TA
105	508	21,5	23,7	1,07	22,10	M-2A	68,7
106	508	21,5	23,7	1,07	22,10		
107	460	21,5	21,4	0,97	22,10		
108	435	21,5	20,3	0,92	22,10		

Ilustración del procedimiento para las series de 7 TA

Para las miniseries de tres se fija el Q_a deseado en el primer TA para evitar un aumento brusco de aire en el tercero.

- a) El valor de V_a del primer TA (101) se calcula de forma análoga al primer TA de la miniserie de cuatro.

$$Va_{101} = 1,07 \cdot 22,10$$

$$Va_{101} = 23,7 \frac{m^3}{t}$$

- b) Para el segundo TA (102) se manipula Q_a para lograr una distribución de G_a alrededor de 34% como se muestra en tabla 14:

$$Qa_{102} = Qa_{deseado} + 0,3$$

$$Qa_{102} = 1,37 \frac{m^3}{(t \cdot \min)}$$

Se determina V_a de la misma manera que el del TA101:

$$Va_{102} = 1,37 \cdot 22,10$$

$$Va_{102} = 30,2 \frac{m^3}{t}$$

c) El V_a del tercer TA (103) se calcula por la misma metodología que del cuarto TA de la miniserie de cuatro.

$$Va_{103} = 89 - (Va_{101} + Va_{102} + Va_{103})$$

$$Va_{103} = 89 - 53,9$$

$$Va_{103} = 35,1 \frac{m^3}{t}$$

Q_a va a ser igual a la división de V_a entre el TR.

$$Qa_{103} = \frac{35,1}{22,1}$$

$$Qa_{103} = 1,59 \frac{m^3}{(t \cdot \min)}$$

d) Se calcula el flujo volumétrico de aire por TA de la misma forma que para la serie de 8 TA:

$$Ga_{101} = Va_{101} \cdot TR_{MR}$$

$$Ga_{101} = 23,7 \cdot 21,5$$

$$Ga_{101} = 508 \frac{m^3}{h}$$

De forma análoga se determina el G_a para los demás TA.

e) La suma de los G_a de los TA de cada miniserie constituye el total de m^3/h que se suministra a la miniserie representando el 100 % del aire, lo que se muestra en la tabla 14.

Tabla 14 Flujos de aire y su % de distribución

1ra A	$G_a, m^3/h$	% G_a
M-2A	1911	100,0
105	508	26,6
106	650	34,0
107	753	39,4

Los valores hallados de G_a por TA se colocan en el “Set Point” del CITECT.

Los resultados del procedimiento se ilustran en la tabla 15 programada en EXCEL.

Tabla 15 Ilustración numérica del procedimiento de dirección del aire para Series con 7 TA, programado en una hoja de cálculo de EXCEL

	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	Valores deseados de:	
TA No.	m^3/h	t/h	m^3/t	$m^3/(t \cdot min)$	min	Q_a	V_a
SERIE 2da A	3822	42,9	89,0			1,07	89,0
M-1A	1911	21,5	89,0	1,01	88,4		
113	508	21,5	23,6	1,07	22,10		
114	508	21,5	23,6	1,07	22,10		
115	460	21,5	21,4	0,97	22,10		
116	435	21,5	20,4	0,92	22,10		
M-2A	1911	21,5	89,0	1,34	66,3		
117	508	21,5	23,7	1,07	22,10		
118	650	21,5	30,2	1,37	22,10		
119	753	21,5	35,1	1,59	22,10		

Lo analizado en el capítulo tres demostró la hipótesis planteada en la introducción.

3.5 Afectaciones en la operación de los TA

Entre las principales causas que afectan los lixiviados de níquel y cobalto se encuentran la inestabilidad en la operación de los TA, ya sea, por averías mecánicas, eléctricas y de instrumentación que ocasionan que los TA no alcancen el aire deseado o su salida de operación. Toda esta información se recopiló del libro de incidencias de la planta y se tomó como referencia para seleccionar los días de menor número de perturbaciones que conformaron la BD general. En la tabla 16 se exponen las afectaciones en el período analizado.

Tabla 16 Afectaciones en la operación de los TA de la UBP durante los meses de enero a marzo de 2016

No	TA	G _a , m ³ /h	AFECTACIONES Y CAUSAS	DIAS AFECTADOS
1	101 ^a	262	Problema de instrumentación con el aire	16 de enero
2	103A	130	ACHICAR Y DESARENAR, CAMBIAR RECIPIENTE	9 de enero
		0	FUERA DE OPERACIÓN	10 de enero hasta el 5 de marzo (55)
3	106A	280	PIÑON AVERIADO	13 de enero
		370	Problema de instrumentación con el aire	13 y 14 de febrero (2)
4	108A	396	Problema de instrumentación con el aire	21 de enero
		255	BAJANTE TUPIDO	19 de febrero hasta el 9 de marzo (19)
5	104B	261	Problema de instrumentación con el aire	15 de marzo
6	105B	252	BAJANTE TUPIDO	18 de febrero hasta 25 de febrero (7)
7	107B	334	Problema de instrumentación con el aire	18 de febrero
8	108B	364	Problema de instrumentación con el aire	18 de febrero
9	101C	393	MANTENIMIENTO	23 hasta 27 de febrero (4)
10	102C	275	Problema de instrumentación con el aire	16 de enero
		124	MANTENIMIENTO	23 hasta 27 de febrero (4)
11	103C	194	Problema de instrumentación con el aire	19 y 20 de enero (2)
		124	MANTENIMIENTO	23 hasta 27 de febrero (4)
12	104C	125	MANTENIMIENTO	23 hasta 27 de febrero (4)
13	105C	193	MANTENIMIENTO	19, 20 y 21 de febrero (3)
		270	Problema de instrumentación con el aire	18 y 19 de febrero (2)
14	106C	237	MANTENIMIENTO	19, 20 y 21 de febrero (3)
15	107C	190	MANTENIMIENTO	19, 20 y 21 de febrero (2)
16	108C	380	MANTENIMIENTO	19, 20 y 21 de febrero (2)
		150	BAJANTE TUPIDO	16 hasta el 19 de febrero (3)
		341	Problema de instrumentación con el aire	2 de marzo
17	114A	312	Problema de instrumentación con el aire	22 de enero
		254	BAJANTE TUPIDO	14 hasta 22 de febrero (8)
18	115A	346	Problema de instrumentación con el aire	31 de enero, 1 de febrero (2)
		390	Problema de instrumentación con el aire	12 hasta 14 de febrero (2)
		299	Problema de instrumentación con el aire	16 hasta el 19 de febrero (3)
19	117A	375	Problema de instrumentación con el aire	12 de febrero
		330	Problema de instrumentación con el aire	16 de febrero
		213	Problema de instrumentación con el aire	23 hasta el 25 de marzo (2)
20	118A	206	Problema de instrumentación con el aire	31 de enero, 1 de febrero (2)
		357	Problema de instrumentación con el aire	12 y 13 de febrero (2)
		384	Problema de instrumentación con el aire	16 de febrero (2)
		142	Problema de instrumentación con el aire	24 hasta 26 marzo (2)
21	119A	358	Problema de instrumentación con el aire	31 de enero, 1 de febrero (2)
22	115B	208	Problema de instrumentación con el aire	12 de febrero
		357	PIÑON AVERIADO	11 de febrero
23	116B	386	Problema de instrumentación con el aire	31 de enero
		290	Problema de instrumentación con el aire	11 de febrero
		104	Problema de instrumentación con el aire	14 de febrero
			FUERA DE OPERACIÓN	12 de febrero

No	TA	G _a , m ³ /h	AFECTACIONES Y CAUSAS	DIAS AFECTADOS
24	117B	390	Problema de instrumentación con el aire Problema de instrumentación con el aire	31 de enero
		71	Problema de instrumentación con el aire	11 de febrero
		381	Problema de instrumentación con el aire	18 de febrero
			FUERA DE OPERACIÓN	12 de febrero
25	118B	199	Problema de instrumentación con el aire	11 de febrero
			FUERA DE OPERACIÓN	12 de febrero
26	113C	389	Problema de instrumentación con el aire	12 de marzo
		332	Problema de instrumentación con el aire	30 de marzo
27	114C	384	Problema de instrumentación con el aire	12 de marzo
		281	Problema de instrumentación con el aire	30 y 31 de marzo (2)
28	115C	391	Problema de instrumentación con el aire	12 de marzo
		136	Problema de instrumentación con el aire	30 y 31 de marzo (2)
29	116C	231	Problema de instrumentación con el aire	30 y 31 de marzo (2)
		357	Problema de instrumentación con el aire	30 de marzo
		196	Problema de instrumentación con el aire	30 y 31 de marzo (2)
		326	Problema de instrumentación con el aire	30 de marzo

Como se puede observar, la principal causa fue por problemas de instrumentación relacionada con la medición del flujo de aire. Entre los que se encuentran: la regulación de la válvula automática y el equipo de medición de flujo, lo que está afectado en mayor medida por alta humedad del aire. Del total de afectaciones, estos representan un 68%, lo que altera los G_a deseados fuera de la región con la consecuente fluctuación de los lixiviados de níquel y cobalto. Por consiguiente, se recomienda que se preste la atención diferenciada para disminuir este problema.

De la tabla 16 se puede calcular la eficiencia operativa (EFO) respecto al G_a colocado en el “set point” en cada TA que debe estar trabajando, lo que se resume a continuación:

TOTAL de días netos afectados en los 3 meses: 68

TOTAL de TA netos afectados en los 3 meses: 30

TA Operando cada día: 38

Cantidad potencial de TA operando los 3 meses: 38*91 días = 3 458

La cantidad de TA reales operando en los 3 meses se demuestra en la tabla 17.

Tabla 17 Determinación de la EFO de aireación de los TA que operaron durante los 3 meses de prueba

DIAS AFECTADOS	Cant de TA afectados	TA trabajando	% Efic de aireación respecto a 38 TA
9 de enero	1	37	97,4
10 de enero	1	37	97,4
11 de enero	1	37	97,4
12 de enero	1	37	97,4
13 de enero	1	37	97,4
14 de enero	1	37	97,4
15 de enero	1	37	97,4
16 de enero	1	37	97,4
17 de enero	1	37	97,4
18 de enero	1	37	97,4
19 de enero	1	37	97,4
20 de enero	1	37	97,4
21 de enero	1	37	97,4
22 de enero	1	37	97,4
23 de enero	1	37	97,4
24 de enero	1	37	97,4
25 de enero	1	37	97,4
26 de enero	1	37	97,4
27 de enero	1	37	97,4
28 de enero	1	37	97,4
29 de enero	1	37	97,4
30 de enero	1	37	97,4
31 de enero	5	33	86,8
1 de febrero	4	34	89,5
2 de febrero	1	37	97,4
3 de febrero	1	37	97,4
4 de febrero	1	37	97,4
5 de febrero	1	37	97,4
6 de febrero	1	37	97,4
7de febrero	1	37	97,4
8de febrero	1	37	97,4
9de febrero	1	37	97,4
10 de febrero	1	37	97,4
11 de febrero	5	33	86,8
12 de febrero	8	30	78,9
13de febrero	4	34	89,5

DIAS AFECTADOS	Cant de TA afectados	TA trabajando	% Efic de aireación respecto a 38 TA
14 de febrero	5	33	86,8
15 de febrero	2	36	94,7
16 de febrero	6	32	84,2
17 de febrero	4	34	89,5
18 de febrero	9	29	76,3
19 de febrero	9	29	76,3
20 de febrero	8	30	78,9
21 de febrero	8	30	78,9
22 de febrero	4	34	89,5
23 de febrero	7	31	81,6
24 de febrero	7	31	81,6
25 de febrero	7	31	81,6
26 de febrero	6	32	84,2
27 de febrero	6	32	84,2
28 de febrero	2	36	94,7
29 de febrero	2	36	94,7
1 de marzo	2	36	94,7
2 de marzo	3	35	92,1
3 de marzo	2	36	94,7
4 de marzo	2	36	94,7
5 de marzo	2	36	94,7
6 de marzo	1	37	97,4
7 de marzo	1	37	97,4
8 de marzo	1	37	97,4
9 de marzo	1	37	97,4
12 de marzo	3	35	92,1
15 de marzo	1	37	97,4
23 de marzo	1	37	97,4
24 de marzo	2	36	94,7
25 de marzo	2	36	94,7
26 de marzo	1	37	97,4
30 de marzo	3	35	92,1
31 de marzo	4	34	89,5
Total real		2441	70,6
No afectados 23	38	874	25,3
Total de TA que operaron en los 3 meses		3315	95,9

Eficiencia por Aire-deseado (Set Point) en los 3 meses, %:

$$EFO(aire) = \frac{3\,315}{3458} \cdot 100 = 95,9 \approx 96 \%$$

Por tanto, las afectaciones totales constituyeron el 4 % para toda la planta, lo que actualmente no se controla ni planifica por la Planta, por lo que se recomienda incluirlo como parte del análisis diario de la eficiencia del trabajo de la planta. Por otra parte, esto demuestra que la BD se confeccionó para las condiciones normales de operación de la UBP.

3.6 Análisis de las fluctuaciones de los lixiviados y sus incrementos

A partir de las figuras 11 y 12 se puede construir la figura 13, la que muestra el rango de fluctuaciones de los lixiviados de níquel y cobalto. Como se observa, la región más poblada se encuentra en los valores de $(1,19 < Q_a < 1,34)$ con una diferencia máxima de los lixiviados de cobalto ($\Delta \text{Lix Co}(\text{max})$) de 26 %. Como los tres últimos puntos se encuentran muy alejados de la mayoría, se tomará la diferencia promedio ($\Delta \text{Lix Co}(\text{pr})$) igual a 17% ; mientras que para los lixiviados de níquel la diferencia es del 8%. Si se trabaja en la región óptima propuesta de $1,03 < Q_a < 1,10$; las diferencias de los lixiviados de cobalto serían de un 8 % y las de níquel igual a 6%. Por consiguiente el incremento de producción de níquel y cobalto estarán relacionado con la diferencias de las fluctuaciones:

Para el cobalto= $17-8= 9 \%$

Para el níquel= $8-6= 2 \%$

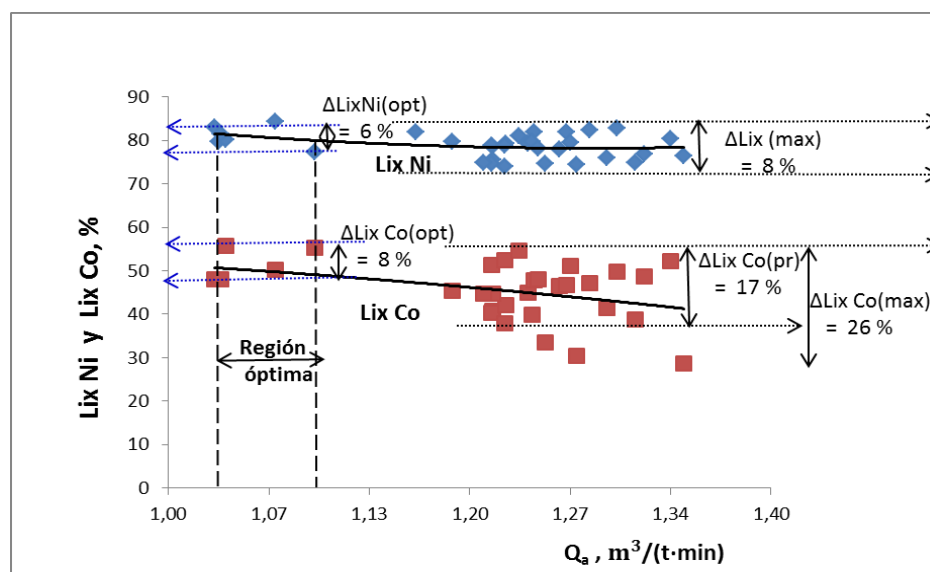


Figura 13 Fluctuaciones de los lixiviados de níquel y cobalto y sus incrementos.

Por otra parte, el aumento promedio aparente de los lixiviados de cobalto al trabajar en la region óptima con relación a la región mas poblada se puede estimar en %:

$$\text{Región óptima} = (56+48)/2 = 52$$

$$\text{Región mas poblada} = (55+38)/2 = 47$$

$$\text{El resultado del incremento será} = 52-47 = 6$$

Para los lixiviados de níquel:

$$\text{Región óptima} = (84+77)/2 = 81$$

$$\text{Región mas poblada} = (83+74)/2 = 79$$

$$\text{El resultado del incremento será: } 81-79 = 2$$

Por lo antes analizado, se demostró que existen dos fuentes para aumentar la producción de Ni+Co: la primera, es mediante el incremento de los lixiviados promedios, y la segunda, es la disminución de la magnitud de las fluctuaciones de los lixiviados. No obstante, para el cálculo económico se tomará la magnitud de las fluctuaciones para ser conservadores en el pronóstico.

Resumiendo el análisis de los resultados, las principales causas de las fluctuaciones de los lixiviados de níquel y cobalto son:

- Variación de la calidad del MA y MR;
- Afectaciones operativas de los TA;
- Variación de la composición del licor lixivante en NH_3 y CO_2 ;
- Las variaciones del Q_a y V_a que afectan más a los lixiviados de cobalto que los de níquel.

Para los lixiviados de cobalto, además, influye de forma negativa, la relación líquido sólido (L/S) como muestra su coeficiente de correlación par (-0,10), mientras que para los lixiviados de níquel es de 0,17.

3.7 Análisis económico

Para el análisis económico se tiene en cuenta el incremento de los lixiviados de níquel y cobalto que se obtienen al trabajar en la región óptima

determinada. Los datos económicos y de producción se tomaron del plan aprobado por la empresa para el año 2016.

3.4.1 Cálculo de las TM de (Ni + Co) al año

La fórmula empleada por la empresa ECG es la siguiente:

$$Aporte\ TM\ (Me) = \frac{Ley\ Me}{100} \cdot \left[\frac{ton\ MA\ a\ Lix}{h} \right] \cdot \left[\frac{Incremento\ Lix\ y\ Lav\ Me}{100} \right] \cdot \left[\frac{Me\ envasado}{Me\ Lix\ y\ Lav} \right] \cdot 24 \frac{h}{d} \cdot 365 \frac{d}{año}$$

Análisis de unidades

$$\left[\frac{TM\ (Me)\ envasado}{año} \right] = \frac{TM\ de\ Me}{TM\ de\ MA\ a\ Lix} \cdot \left[\frac{TM\ de\ MA\ a\ Lix}{h} \right] \cdot \left[\frac{TM\ de\ Me\ Lix\ y\ Lav}{TM\ de\ Me} \right] \cdot \left[\frac{TM\ (Me)\ envasado}{TM\ de\ Me\ Lix\ y\ Lav} \right] \cdot \frac{h}{d} \cdot \frac{d}{año}$$

Aquí se asume que las toneladas métricas, representadas por la empresa por TM o ton son equivalentes al símbolo en el SI que es (t).

Los valores promedio de la ley de níquel = 1,178 % y de cobalto = 0,103 % son los planificados para el año, los que se tomaron de la Dirección de Producción de la empresa ECG, al igual que las 199 t/h de MA a Lixiviación.

$$\text{donde } \frac{ley\ Me}{100} \text{ se expresa en } \left[\frac{TM\ de\ Me}{TM\ de\ MA\ a\ Lix} \right]$$

$$\text{y } \left[\frac{Tn\ de\ MA\ a\ Lix}{h} \right] = 199 \frac{t}{h}$$

Las pérdidas de níquel y cobalto hasta que se envasa el producto, respecto a estos metales lixiviados y lavados, fueron tomados de la misma fuente:

$$\frac{Me\ envasado}{Me\ Lix\ y\ Lav} : Ni = 0,923; Co = 0,923 \text{ se expresan en } \left[\frac{TM\ (Me)\ envasado}{TM\ de\ (Me)\ Lix\ y\ Lav} \right]$$

Como el incremento del Lixiviado y Lavado de los metales: Ni=2 %; Co= 9%;

$$\text{que se expresan en } \left[\frac{TM\ de\ (Me)\ Lix\ y\ Lav}{TM\ (Me)} \right]$$

Por tanto, el aporte de producción anual estimado para toda la planta será:

$$\text{Aporte TM}(\text{Ni}) = \frac{1,178}{100} \cdot 199 \cdot \frac{2}{100} \cdot 0,923 \cdot 24 \cdot 365 = 379,1 \text{ t/año}$$

$$\text{Aporte TM}(\text{Co}) = \frac{0,103}{100} \cdot 199 \cdot \frac{9}{100} \cdot 0,923 \cdot 24 \cdot 365 = 149,1 \text{ t/año}$$

La suma de las TM (Ni+Co) envasadas = 379,1+149,1= 528,2 t/año

Cálculo del aporte potencial en USD/año

$$\left[\text{Aporte en } \frac{\text{USD}}{\text{año}} \right] = \text{TM de}(\text{Ni} + \text{Co}) \cdot [\text{Factor de costo Prod Lix y Lav del Me}] \cdot \left[\text{Precio Me en } \frac{\text{USD}}{\text{año}} \text{ de } (\text{Ni} + \text{Co}) \right] \quad (41)$$

donde:

Factor de costo Prod Lix y Lav del Me= 0,60

Precio Me = 9000 USD/t;(dato de planificación de la empresa ECG), que equivale al precio de venta en el mercado internacional igual 4,08233 USD/Lb multiplicado por el factor de conversión: 1 TM = 2204,6233 Lb.

Sustituyendo en la ecuación (41) sin el factor de costo, se obtiene el ingreso en divisas por venta para toda la planta:

$$\left[\text{Ingresos por venta en } \frac{\text{USD}}{\text{año}} \right] = 528,2 \cdot 9000 = 4\,753\,800 \text{ USD/año}$$

Estimación de ganancias:

$$\left[\text{Aporte en } \frac{\text{USD}}{\text{año}} \right] = 528,2 \cdot 0,60 \cdot 9000 = 2\,852\,280 \text{ USD/año}$$

3.8 Conclusiones del capítulo 3

- 1) Se demostró la efectividad de la metodología propuesta en el capítulo 2, ya que se determinó la región óptima de valores deseados de los parámetros de aireación Q_a y V_a .
- 2) Se determinaron los coeficientes de correlación de las principales variables para establecer su influencia sobre los lixiviados de níquel y cobalto. De forma positiva influyen la concentración de NH_3 y su relación con el CO_2 (NH_3/CO_2) y el NoMin. De forma negativa, influyen Q_a y V_a si se incrementan más allá de la región óptima.
- 3) Se demostró la utilidad práctica de la implementación del nuevo parámetro de aireación Q_a al trabajar en la región óptima, lo que

permite disminuir las fluctuaciones de los lixiviados de níquel alrededor de un 2 % y los lixiviados de cobalto de 9 %, mientras que los lixiviados promedio se incrementan para: níquel (2 %) y cobalto (6) %.

CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES GENERALES

Durante la evaluación del escalado de Q_a para toda la Planta de Lixiviación:

- 1) Se demostró la utilidad práctica de la implementación del nuevo parámetro de aireación Q_a para incrementar los lixiviados de níquel y cobalto, por cuya metodología se pudo establecer las regiones óptimas de valores deseados de ($83 < V_a < 91$), m^3/t y ($1,03 < Q_a < 1,10$) $m^3/(t \cdot min)$ para operar los TA en cada miniserie.
- 2) Se elaboró un procedimiento para implementar el nuevo parámetro Q_a programado en un libro de Excel-2010 que facilita la operación del flujo volumétrico de aire (G_a) a los TA de toda la Planta, a partir de los valores deseados de V_a y Q_a .
- 3) El análisis estadístico de los coeficientes de correlación de Q_a mostró su marcada influencia negativa sobre los lixiviados de níquel (-0,353) y lixiviados de cobalto (-0,491), pero al aumentar Q_a el lixiviado de cobalto se afecta más que el lixiviado de níquel. Esta misma regularidad se mantiene para los coeficientes de correlación de V_a : lixiviados de níquel (-0,359) y lixiviados de cobalto (-0,396). El resto de las variables analizadas influyeron positivamente sobre dichos lixiviados. Esto confirma su correspondencia con la teoría y práctica experimental a diferentes escalas.
- 4) La estimación económica realizada para las regiones óptimas de valores deseados de V_a y Q_a que corresponden a la zona de los máximos lixiviados de níquel y cobalto demostró que al implementar las conclusiones 1 y 2 se contará con un incremento potencial de lixiviados de níquel (2 %) y lixiviados de cobalto (9 %), equivalente a una producción adicional vendida de Ni+Co de aproximadamente 528 t/año con una valor en moneda libremente convertible de 4 753 800 USD/año y una ganancia de 2 852 280 USD/año.

Las conclusiones anteriores demuestran la necesidad de implementar en la UBP-Lixiviación y Lavado el nuevo parámetro Q_a sin tener que realizar ninguna inversión.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- 1) Mejorar la calidad del aire de instrumentación en la planta.
- 2) Mejorar la atención a los problemas de instrumentación.
- 3) Capacitar a los tecnólogos y operadores de control sobre el procedimiento recomendado.
- 4) Incluir la eficiencia operativa de la aireación de los TA como parámetro de control de la efectividad de los G_a deseados (puestos en el Set-Point).

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

1. ALEPUZ, H. LL.; LEGRÁ, A. L; y LAMORÚ, A. U. 2013. Introducción de la metodología para la determinación de la variabilidad del extractable en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Informe Científico – Técnico, en *archivo técnico del CEINNIQ*, Moa,
2. CASTELLANOS S. J.; GARCÍA, I. 1978. Aumento de la extracción de níquel y cobalto en el proceso carbonato amoniacal. *Minería en Cuba*, 4: 58.
3. CASTELLANOS S. J. y Otros. 1997. Intensificación del Proceso Carón. Process Ni Leach. In *17th World Mining Congress*. Tomo 2, 91-97, Acapulco.
4. CHANG, A. R. 1984. Análisis de la Solubilidad de los complejos amoniacales de Co (II), en *Minería y Geología*. (1):173-184.
5. CHANG CARDONA A.R.; DOBROJOTOV G.N.; BATISTA H.R.; MARÍN P.J.; y MATAMOROS L.R.A. 1988. Optimización de la composición de los licores carbonato-amoniacaes por NH₃ y CO₂ para la Lixiviación de minerales reducidos de Ni. *Revista Minería y Geología*, 6(2): 57-61.
6. CHANG CARDONA A. R. 1989. Perfeccionamiento de la tecnología de la empresa René Ramos Latour. Nicaro. Cuba. [Instituto de Minas de Leningrado], Rusia. (Tesis Doctoral), 150 p.
7. CHANG CARDONA, A. R.; RODRÍGUEZ J.I.; DOBROJOTOV G.N. 1989. Influencia del régimen de aireación sobre las extracciones de Cobalto en la primera etapa de la Lixiviación carbonato-amoniacal de los minerales reducidos de Ni, en *Revista Minería y Geología*, 1(1): 51-62.
8. CHANG CARDONA A. R.; BOBKOVSKI A. G.; RODRÍGUEZ J. I.; BELOGLAZOV I. N. 1995. Estudio de las particularidades estructurales y composición de fase de los productos de la hidrólisis de los iones de hierro a partir de licores carbonato-amoniacaes, *Tsvetnie Metally*, (9): 30-34.

9. CHANG CARDONA. A. R.; RODRIGUEZ J. I.; BELOGLAZOV I. N. 1998. Cinética de la lixiviación carbonato - amoniacal del mineral laterítico reducido industrialmente bajo aireación diferenciada. Revista *Minería y Geología*, 15(3): 23 - 29.
10. CHANG CARDONA, A. R, 2000. ¿Cómo extraer más cobalto sin afectar níquel en la lixiviación carbonato-amoniaca de menas lateríticas reducidas?. Rev. Minería y Geología, 17 (3-4): 47- 53.
11. CHANG CARDONA. A. R. 2004. Tecnología carbonato-amoniaca de menas lateríticas, procesos tecnológico y elementos teóricos específicos. Programa de acreditación de operadores de plantas.
12. CHANG CARDONA, A. y ROJAS VARGAS, A. 2009a. La lixiviación del Proceso CARON: Síntesis del conocimiento para su perfeccionamiento industrial. Parte 1. *Tecnología Química*, 29(1): 98-107.
13. CHANG CARDONA, A. y ROJAS VARGAS, A. 2009b. La lixiviación del Proceso CARON: Síntesis del conocimiento para su perfeccionamiento industrial. Parte 2. *Tecnología Química*, 29(2): 96-105.
14. CHANG CARDONA. A; MERENCIO GUEVARA, P.L.; GUERRA GONZÁLEZ, y., ROJAS VARGAS, A. 2015a. Diagnóstico de la eficiencia tecnológica del trabajo de las miniseries en la lixiviación industrial del proceso "CARON" en la planta de PUNTA GORDA. Cuba. Revista *Tecnología Química*, 35(2): 125-138.
15. CHANG CARDONA, A.; MERENCIO GUEVARA, P.; GUERRA GONZÁLEZ, Y.; ROJAS VARGAS, A. 2015b. Consideraciones sobre la determinación del tiempo de residencia de la pulpa en la lixiviación industrial del proceso "CARON en la planta de Punta Gorda, Moa, Cuba. Revista *Tecnología Química*, 35(1): 5-20.
16. CHANG CARDONA, A.; MERENCIO GUEVARA, P.; GUERRA GONZÁLEZ, Y.; ROJAS VARGAS, A. 2015c. Consideraciones sobre la dirección de la aireación en la lixiviación del proceso CARON de la Planta de Punta Gorda, Cuba. Evento Internacional CINAREN 2015, Moa, 17-19 de noviembre.

17. CINTRA, V. 2010. Manual de operaciones de la Unidad Básica de Producción Lixiviación y Lavado. Informe Técnico de la Empresa Cmdt. Ernesto Che Guevara, Moa.
18. CÓNSUL A. M.; VAREKA JO.; ALEPUZ, H. 1967. Efecto de la concentración del NH_3 y CO_2 en la extracción del Níquel y del Cobalto". Informe técnico. Prueba de planta Piloto, CEINNIQ, Nicaro.
19. CÓNSUL A.M.; VAREKA J.O.; ALEPUZ, H. 1968. Aumento de la extracción de cobalto. Oxidación del mineral reducido en la primera etapa con oxígeno. En Informe técnico. Prueba de planta Piloto, CEDINIQ, Nicaro.
20. COLVIN N.; GULYAS J. W. 1979. The Marinduque Surigao Nickel Refinery. In *International Laterite Symposium*, New Orleans, AIME, N.Y, 346 – 356.
21. FIFFE, L. J. y GRANDA, O. 1985. Mecanismo de disolución del níquel metálico en soluciones que contienen diferentes relaciones NH_3 / CO_2 . *Revista Cubana de Química* 1(1): 31- 36.
22. GRIGORIEVA K. I.; VAILLANT H. H.; CHANG CARDONA A. R.; DOBROJOTOV G. N. 1987. Solubilidad del níquel y cobalto (II) en licores carbonato-amoniacaes, *Izv. Vuzov Zvetnaya Metallurgia*, 1: 37-41.
23. PELEGRÍN, P. M., 2014. Tecnología del procesamiento de las lateritas por el método de la Lixiviación Carbonato - Amoniacal (Tecnología CARON). Conferencia, Tema III.
24. QUENEAU P.B. y WEIR D. R. 1986. Control of iron during hydrometallurgical processing of nickeliferous laterite ores, in Iron control in Hydrometallurgy, Dutrizac, J. E. & A. J. Mohemius, Eds., Ellis Horwood Ltd, Chichester,.
25. REID J. G. 1982. Some observations of roasting, leaching, and washing characteristics of Greenvale lateritic ore, in Hydrometallurgy, Research, Development and Plant Practice. AIME, New York, 109 - 120.
26. ROJAS VARGAS. A. 2007. Metodología perfeccionada para determinar el Extractable de Ni y Co en la lixiviación carbonato-amoniacaal.

[Universidad de Oriente], Santiago de Cuba. (Tesis de Master en Ingeniería Química), 108 p.

27. ZELIKMAN A. N.; VOLDMAN G. M. y BELIAEVSKAYA L. V. 1981. Teoría de los Procesos Hidrometalúrgicos. Moscú, Ed. Metalurgia, 493 p.

ANEXOS

Anexo 1 Recopilación de datos

Tabla A1.1 Resultados de Q_a y V_a para el día 1 de enero del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4560	43,9				103,947	1,175
M-1 ^a	2280	21,9	103,94	1,175	88,5		
101	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
102	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
103	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
104	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
M-2 ^a	2280	21,9	103,95	1,175	88,5		
105	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
106	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
107	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
108	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
1ra B	4559	43,9				103,940	1,175
M-1B	2280	21,9	103,95	1,175	88,5		
101	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
102	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
103	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
104	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
M-2B	2279	21,9	103,93	1,175	88,5		
105	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
106	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
107	570	21,9	25,97	1,174	22,1		
108	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
1ra C	4507	43,9				102,757	1,162
M-1C	2299	21,9	104,82	1,185	88,5		
101	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
102	589	21,9	26,85	1,214	22,1		
103	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
104	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
M-2C	2208	21,9	100,70	1,138	88,5		
105	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
106	498	21,9	22,73	1,028	22,1		
107	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
108	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
2da A	4320	43,9				99,267	1,272
M-1A ₂	2280	21,9	103,96	1,175	88,5		
113	570	21,9	26,00	1,176	22,1		
114	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
115	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
116	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
M-2A ₂	2040	21,9	93,01	1,402	66,3		
117	680	21,9	31,00	1,402	22,1		
118	680	21,9	31,01	1,402	22,1		
119	680	21,9	31,01	1,402	22,1		
2da B	4410	43,9				101,623	1,299
M-1B ₂	2371	21,9	108,09	1,222	88,5		
113	631	21,9	28,76	1,301	22,1		
114	570	21,9	25,99	1,175	22,1		
115	600	21,9	27,35	1,237	22,1		
116	570	21,9	25,98	1,175	22,1		
M-2B ₂	2040	21,9	93,01	1,402	88,5		
117	680	21,9	31,01	1,402	22,1		
118	680	21,9	31,00	1,402	22,1		
119	680	21,9	31,00	1,402	22,1		
TOTAL para la UBP						102,307	1,217

Tabla A1.2 Resultados de Q_a y V_a para el día 2 de enero del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t-min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t-min)
1ra A	4564,230	44,159				103,358	1,178
M-1 ^a	2284,663	22,080	103,473	1,180	87,722		
101	569,8388	22,080	25,808	1,177	21,930		
102	569,8886	22,080	25,810	1,177	21,930		
103	569,9123	22,080	25,812	1,177	21,930		
104	575,0237	22,080	26,043	1,188	21,930		
M-2 ^a	2279,566	22,080	103,242	1,177	87,722		
105	570,1536	22,080	25,822	1,177	21,930		
106	569,68	22,080	25,801	1,176	21,930		
107	569,9787	22,080	25,815	1,177	21,930		
108	569,7541	22,080	25,804	1,177	21,930		
1ra B	4559,275	44,159				103,246	1,177
M-1B	2279,269	22,080	103,229	1,177	87,722		
101	570,1575	22,080	25,823	1,177	21,930		
102	569,4238	22,080	25,789	1,176	21,930		
103	569,9217	22,080	25,812	1,177	21,930		
104	569,7659	22,080	25,805	1,177	21,930		
M-2B	2280,006	22,080	103,262	1,177	87,722		
105	570,1176	22,080	25,821	1,177	21,930		
106	570,0895	22,080	25,820	1,177	21,930		
107	569,8548	22,080	25,809	1,177	21,930		
108	569,9442	22,080	25,813	1,177	21,930		
1ra C	4471,184	44,159				101,251	1,154
M-1C	2278,161	22,080	103,179	1,176	87,722		
101	573,2777	22,080	25,964	1,184	21,930		
102	572,993	22,080	25,951	1,183	21,930		
103	563,3603	22,080	25,515	1,163	21,930		
104	568,5295	22,080	25,749	1,174	21,930		
M-2C	2193,024	22,080	99,323	1,132	87,722		
105	565,3718	22,080	25,606	1,168	21,930		
106	494,9142	22,080	22,415	1,022	21,930		
107	572,8162	22,080	25,943	1,183	21,930		
108	559,9214	22,080	25,359	1,156	21,930		
2da A	4319,964	44,159				98,604	1,275
M-1A ₂	2280,132	22,080	103,268	1,177	87,722		
113	570,1933	22,080	25,824	1,178	21,930		
114	569,8326	22,080	25,808	1,177	21,930		
115	570,1834	22,080	25,824	1,178	21,930		
116	569,9231	22,080	25,812	1,177	21,930		
M-2A ₂	2039,831	22,080	92,385	1,404	65,791		
117	680,0002	22,080	30,797	1,404	21,930		
118	679,9834	22,080	30,797	1,404	21,930		
119	679,8478	22,080	30,791	1,404	21,930		
2da B	4397,389	44,159				100,611	1,297
M-1B ₂	2358,007	22,080	106,795	1,217	87,722		
113	618,1408	22,080	27,996	1,277	21,930		
114	569,9228	22,080	25,812	1,177	21,930		
115	599,9088	22,080	27,170	1,239	21,930		
116	570,0347	22,080	25,817	1,177	21,930		
M-2B ₂	2039,382	22,080	92,364	1,404	65,791		
117	679,9493	22,080	30,795	1,404	21,930		
118	679,7875	22,080	30,788	1,404	21,930		
119	679,6448	22,080	30,781	1,404	21,930		
TOTAL para la UBP						101,414	1,216

Tabla A1.3 Resultados de Qa y Va para el día 4 de enero del 2016

TA No.	G _a	MR	V _a	Q _a	TR	V _{a pond}	Q _{a pond}
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4559,125	42,974				106,090	1,203
M-1 ^a	2280,099	21,487	106,115	1,204	88,169		
101	570,1208	21,487	26,533	1,204	22,042		
102	570,0049	21,487	26,528	1,204	22,042		
103	569,9246	21,487	26,524	1,203	22,042		
104	570,0487	21,487	26,530	1,204	22,042		
M-2 ^a	2279,026	21,487	106,065	1,203	88,169		
105	569,9192	21,487	26,524	1,203	22,042		
106	569,2645	21,487	26,493	1,202	22,042		
107	569,89	21,487	26,523	1,203	22,042		
108	569,9519	21,487	26,525	1,203	22,042		
1ra B	4558,661	42,974				106,079	1,203
M-1B	2279,125	21,487	106,070	1,203	88,169		
101	569,8323	21,487	26,520	1,203	22,042		
102	569,5456	21,487	26,506	1,203	22,042		
103	569,8611	21,487	26,521	1,203	22,042		
104	569,8859	21,487	26,522	1,203	22,042		
M-2B	2279,536	21,487	106,089	1,203	88,169		
105	569,8211	21,487	26,519	1,203	22,042		
106	569,856	21,487	26,521	1,203	22,042		
107	569,9129	21,487	26,524	1,203	22,042		
108	569,9465	21,487	26,525	1,203	22,042		
1ra C	4426,709	42,974				103,009	1,168
M-1C	2278,531	21,487	106,042	1,203	88,169		
101	569,6933	21,487	26,513	1,203	22,042		
102	569,8705	21,487	26,522	1,203	22,042		
103	569,1214	21,487	26,487	1,202	22,042		
104	569,8455	21,487	26,520	1,203	22,042		
M-2C	2148,179	21,487	99,976	1,134	88,169		
105	569,9511	21,487	26,525	1,203	22,042		
106	438,5033	21,487	20,408	0,926	22,042		
107	570,1289	21,487	26,534	1,204	22,042		
108	569,5953	21,487	26,509	1,203	22,042		
2da A	4319,706	42,974				101,316	1,303
M-1A ₂	2279,689	21,487	106,096	1,203	88,169		
113	569,8116	21,487	26,519	1,203	22,042		
114	569,8212	21,487	26,519	1,203	22,042		
115	570,1516	21,487	26,535	1,204	22,042		
116	569,9046	21,487	26,523	1,203	22,042		
M-2A ₂	2040,017	21,487	94,942	1,436	66,127		
117	680,0559	21,487	31,650	1,436	22,042		
118	679,9712	21,487	31,646	1,436	22,042		
119	679,9896	21,487	31,647	1,436	22,042		
2da B	4397,793	42,974				103,394	1,326
M-1B ₂	2358,084	21,487	109,745	1,245	88,169		
113	614,0699	21,487	28,579	1,297	22,042		
114	569,9323	21,487	26,524	1,203	22,042		
115	604,2478	21,487	28,122	1,276	22,042		
116	569,8343	21,487	26,520	1,203	22,042		
M-2B ₂	2039,709	21,487	94,927	1,436	66,127		
117	679,983	21,487	31,646	1,436	22,042		
118	679,8364	21,487	31,639	1,435	22,042		
119	679,8892	21,487	31,642	1,436	22,042		
TOTAL para la UBP						103,978	1,241

Tabla A1.4 Resultados de Q_a y V_a para el día 5 de enero del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4560,352	42,778				106,604	1,207
M-1 ^a	2279,925	21,389	106,593	1,207	88,321		
101	570,0706	21,389	26,652	1,207	22,080		
102	569,9059	21,389	26,645	1,207	22,080		
103	569,9412	21,389	26,646	1,207	22,080		
104	570,0073	21,389	26,649	1,207	22,080		
M-2 ^a	2280,427	21,389	106,616	1,207	88,321		
105	569,8921	21,389	26,644	1,207	22,080		
106	570,8045	21,389	26,687	1,209	22,080		
107	569,9232	21,389	26,645	1,207	22,080		
108	569,8073	21,389	26,640	1,207	22,080		
1ra B	4558,401	42,778				106,559	1,206
M-1B	2279,031	21,389	106,551	1,206	88,321		
101	569,7848	21,389	26,639	1,206	22,080		
102	569,3663	21,389	26,619	1,206	22,080		
103	569,9226	21,389	26,645	1,207	22,080		
104	569,9574	21,389	26,647	1,207	22,080		
M-2B	2279,370	21,389	106,567	1,207	88,321		
105	569,7904	21,389	26,639	1,206	22,080		
106	569,8366	21,389	26,641	1,207	22,080		
107	569,92	21,389	26,645	1,207	22,080		
108	569,8231	21,389	26,641	1,207	22,080		
1ra C	4423,103	42,778				103,396	1,171
M-1C	2279,649	21,389	106,580	1,207	88,321		
101	569,9206	21,389	26,645	1,207	22,080		
102	570,0397	21,389	26,651	1,207	22,080		
103	569,9656	21,389	26,647	1,207	22,080		
104	569,7226	21,389	26,636	1,206	22,080		
M-2C	2143,454	21,389	100,212	1,135	88,321		
105	569,9511	21,389	26,647	1,207	22,080		
106	433,5804	21,389	20,271	0,918	22,080		
107	570,1609	21,389	26,657	1,207	22,080		
108	569,7617	21,389	26,638	1,206	22,080		
2da A	4319,151	42,778				101,768	1,306
M-1A ₂	2279,639	21,389	106,579	1,207	88,321		
113	570,0751	21,389	26,653	1,207	22,080		
114	569,8178	21,389	26,641	1,207	22,080		
115	569,8482	21,389	26,642	1,207	22,080		
116	569,8982	21,389	26,644	1,207	22,080		
M-2A ₂	2039,512	21,389	95,353	1,439	66,241		
117	680,1213	21,389	31,798	1,440	22,080		
118	679,7703	21,389	31,781	1,439	22,080		
119	679,6206	21,389	31,774	1,439	22,080		
2da B	4407,662	42,778				104,133	1,333
M-1B ₂	2368,140	21,389	110,717	1,254	88,321		
113	628,5102	21,389	29,385	1,331	22,080		
114	569,9098	21,389	26,645	1,207	22,080		
115	599,9071	21,389	28,047	1,270	22,080		
116	569,8126	21,389	26,640	1,207	22,080		
M-2B ₂	2039,523	21,389	95,353	1,439	66,241		
117	679,8425	21,389	31,784	1,439	22,080		
118	679,8346	21,389	31,784	1,439	22,080		
119	679,8456	21,389	31,785	1,440	22,080		
TOTAL para la UBP						104,492	1,245

Tabla A1.5 Resultados de Q_a y V_a para el día 8 de enero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4595,954	40,160				114,440	1,279
M-1A	2279,761	20,080	113,533	1,268	89,507		
101	569,9638	20,080	28,384	1,268	22,377		
102	569,8505	20,080	28,379	1,268	22,377		
103	569,9201	20,080	28,382	1,268	22,377		
104	570,0266	20,080	28,388	1,269	22,377		
M-2A	2316,193	20,080	115,348	1,289	89,507		
105	569,8921	20,080	28,381	1,268	22,377		
106	623,7854	20,080	31,065	1,388	22,377		
107	569,8299	20,080	28,378	1,268	22,377		
108	552,6857	20,080	27,524	1,230	22,377		
1ra B	4559,466	40,160				113,532	1,268
M-1B	2279,446	20,080	113,518	1,268	89,507		
101	569,9421	20,080	28,383	1,268	22,377		
102	569,6937	20,080	28,371	1,268	22,377		
103	569,9172	20,080	28,382	1,268	22,377		
104	569,8931	20,080	28,381	1,268	22,377		
M-2B	2280,020	20,080	113,546	1,269	89,507		
105	570,1475	20,080	28,394	1,269	22,377		
106	569,7398	20,080	28,373	1,268	22,377		
107	570,182	20,080	28,395	1,269	22,377		
108	569,9505	20,080	28,384	1,268	22,377		
1ra C	4558,679	40,160				113,512	1,268
M-1C	2278,993	20,080	113,495	1,268	89,507		
101	569,8509	20,080	28,379	1,268	22,377		
102	569,7279	20,080	28,373	1,268	22,377		
103	569,9213	20,080	28,382	1,268	22,377		
104	569,4932	20,080	28,361	1,267	22,377		
M-2C	2279,686	20,080	113,530	1,268	89,507		
105	569,8767	20,080	28,380	1,268	22,377		
106	569,9761	20,080	28,385	1,269	22,377		
107	570,0387	20,080	28,388	1,269	22,377		
108	569,7944	20,080	28,376	1,268	22,377		
2da A	4319,208	40,160				108,402	1,373
M-1A ₂	2279,389	20,080	113,515	1,268	89,507		
113	569,7686	20,080	28,375	1,268	22,377		
114	569,8004	20,080	28,376	1,268	22,377		
115	569,9116	20,080	28,382	1,268	22,377		
116	569,9087	20,080	28,382	1,268	22,377		
M-2A ₂	2039,819	20,080	101,584	1,513	67,130		
117	679,6916	20,080	33,849	1,513	22,377		
118	679,9266	20,080	33,861	1,513	22,377		
119	680,201	20,080	33,874	1,514	22,377		
2da B	4409,371	40,160				110,970	1,402
M-1B ₂	2369,892	20,080	118,022	1,319	89,507		
113	630,3389	20,080	31,391	1,403	22,377		
114	569,8925	20,080	28,381	1,268	22,377		
115	599,8494	20,080	29,873	1,335	22,377		
116	569,8115	20,080	28,377	1,268	22,377		
M-2B ₂	2039,478	20,080	101,567	1,513	67,130		
117	679,9142	20,080	33,860	1,513	22,377		
118	679,7586	20,080	33,852	1,513	22,377		
119	679,8057	20,080	33,855	1,513	22,377		
TOTAL para la UBP						112,171	1,318

Tabla A1.6 Resultados de Q_a y V_a para el día 10 de enero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	V_a pond m^3/t	Q_a pond $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4011,455	43,050				95,139	1,101
M-1 ^a	1710,843	21,525	79,482	0,919	86,444		
101	570,0046	21,525	26,481	1,225	21,611		
102	570,0835	21,525	26,485	1,226	21,611		
103	0,862568	21,525	0,040	0,002	21,611		
104	569,8927	21,525	26,476	1,225	21,611		
M-2 ^a	2300,611	21,525	106,882	1,236	86,444		
105	569,9182	21,525	26,477	1,225	21,611		
106	599,9655	21,525	27,873	1,290	21,611		
107	565,5137	21,525	26,273	1,216	21,611		
108	565,2141	21,525	26,259	1,215	21,611		
1ra B	4601,124	43,050				106,879	1,236
M-1B	2321,293	21,525	107,843	1,248	86,444		
101	612,0029	21,525	28,432	1,316	21,611		
102	569,5232	21,525	26,459	1,224	21,611		
103	569,8821	21,525	26,476	1,225	21,611		
104	569,8852	21,525	26,476	1,225	21,611		
M-2B	2279,831	21,525	105,916	1,225	86,444		
105	570,0041	21,525	26,481	1,225	21,611		
106	569,9119	21,525	26,477	1,225	21,611		
107	569,9887	21,525	26,481	1,225	21,611		
108	569,926	21,525	26,478	1,225	21,611		
1ra C	4560,422	43,050				105,934	1,225
M-1C	2279,677	21,525	105,909	1,225	86,444		
101	569,9243	21,525	26,478	1,225	21,611		
102	570,0193	21,525	26,482	1,225	21,611		
103	569,7567	21,525	26,470	1,225	21,611		
104	569,9769	21,525	26,480	1,225	21,611		
M-2C	2280,745	21,525	105,959	1,226	86,444		
105	569,9884	21,525	26,481	1,225	21,611		
106	570,7293	21,525	26,515	1,227	21,611		
107	570,1127	21,525	26,486	1,226	21,611		
108	569,9149	21,525	26,477	1,225	21,611		
2da A	4319,898	43,050				101,144	1,327
M-1A ₂	2280,076	21,525	105,928	1,225	86,444		
113	569,9744	21,525	26,480	1,225	21,611		
114	569,9673	21,525	26,480	1,225	21,611		
115	570,1503	21,525	26,488	1,226	21,611		
116	569,9844	21,525	26,480	1,225	21,611		
M-2A ₂	2039,822	21,525	94,766	1,462	64,833		
117	679,8465	21,525	31,584	1,461	21,611		
118	679,9502	21,525	31,589	1,462	21,611		
119	680,025	21,525	31,593	1,462	21,611		
2da B	4325,013	43,050				101,278	1,328
M-1B ₂	2284,980	21,525	106,156	1,228	86,444		
113	544,9591	21,525	25,318	1,172	21,611		
114	569,9623	21,525	26,479	1,225	21,611		
115	600,0439	21,525	27,877	1,290	21,611		
116	570,0149	21,525	26,482	1,225	21,611		
M-2B ₂	2040,033	21,525	94,776	1,462	64,833		
117	680,1001	21,525	31,596	1,462	21,611		
118	679,8507	21,525	31,584	1,462	21,611		
119	680,0818	21,525	31,595	1,462	21,611		
TOTAL para la UBP						102,075	1,243

Tabla A1.7 Resultados de Q_a y V_a para el día 11 de enero del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	V_a pond	Q_a pond
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4005,131	43,598				93,776	1,085
M-1 ^a	1711,030	21,799	78,492	0,908	86,410		
101	570,1921	21,799	26,157	1,211	21,602		
102	569,9844	21,799	26,147	1,210	21,602		
103	0,861153	21,799	0,040	0,002	21,602		
104	569,992	21,799	26,148	1,210	21,602		
M-2 ^a	2294,101	21,799	105,239	1,218	86,410		
105	569,9348	21,799	26,145	1,210	21,602		
106	591,5809	21,799	27,138	1,256	21,602		
107	569,0533	21,799	26,105	1,208	21,602		
108	563,5318	21,799	25,851	1,197	21,602		
1ra B	4559,185	43,598				104,574	1,210
M-1B	2279,476	21,799	104,569	1,210	86,410		
101	569,8032	21,799	26,139	1,210	21,602		
102	569,9017	21,799	26,144	1,210	21,602		
103	569,966	21,799	26,147	1,210	21,602		
104	569,8057	21,799	26,139	1,210	21,602		
M-2B	2279,708	21,799	104,579	1,210	86,410		
105	570,0156	21,799	26,149	1,210	21,602		
106	569,9353	21,799	26,145	1,210	21,602		
107	569,8483	21,799	26,141	1,210	21,602		
108	569,909	21,799	26,144	1,210	21,602		
1ra C	4569,675	43,598				104,814	1,213
M-1C	2279,801	21,799	104,583	1,210	86,410		
101	570,2373	21,799	26,159	1,211	21,602		
102	569,8772	21,799	26,142	1,210	21,602		
103	569,9016	21,799	26,144	1,210	21,602		
104	569,785	21,799	26,138	1,210	21,602		
M-2C	2289,874	21,799	105,045	1,216	86,410		
105	569,8674	21,799	26,142	1,210	21,602		
106	580,2109	21,799	26,617	1,232	21,602		
107	569,9009	21,799	26,144	1,210	21,602		
108	569,8947	21,799	26,143	1,210	21,602		
2da A	4320,134	43,598				99,879	1,311
M-1A ₂	2280,347	21,799	104,608	1,211	86,410		
113	570,1502	21,799	26,155	1,211	21,602		
114	569,9781	21,799	26,147	1,210	21,602		
115	570,2497	21,799	26,160	1,211	21,602		
116	569,969	21,799	26,147	1,210	21,602		
M-2A ₂	2039,787	21,799	93,573	1,444	64,807		
117	679,9025	21,799	31,190	1,444	21,602		
118	680,0102	21,799	31,195	1,444	21,602		
119	679,8746	21,799	31,189	1,444	21,602		
2da B	4316,518	43,598				99,783	1,309
M-1B ₂	2276,488	21,799	104,431	1,209	86,410		
113	536,4949	21,799	24,611	1,139	21,602		
114	569,962	21,799	26,146	1,210	21,602		
115	600,0138	21,799	27,525	1,274	21,602		
116	570,0172	21,799	26,149	1,210	21,602		
M-2B ₂	2040,030	21,799	93,584	1,444	64,807		
117	680,1007	21,799	31,199	1,444	21,602		
118	679,9219	21,799	31,191	1,444	21,602		
119	680,0077	21,799	31,195	1,444	21,602		
TOTAL para la UBP						100,565	1,226

Tabla A1.8 Resultados de Q_a y V_a para el día 14 de enero del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4230,952	43,094				100,864	1,111
M-1 ^a	1710,776	21,547	79,398	0,874	90,827		
101	570,0948	21,547	26,458	1,165	22,707		
102	569,9489	21,547	26,452	1,165	22,707		
103	0,866466	21,547	0,040	0,002	22,707		
104	569,8658	21,547	26,448	1,165	22,707		
M-2 ^a	2520,176	21,547	116,963	1,288	90,827		
105	569,9492	21,547	26,452	1,165	22,707		
106	569,8879	21,547	26,449	1,165	22,707		
107	570,2354	21,547	26,465	1,166	22,707		
108	810,1035	21,547	37,597	1,656	22,707		
1ra B	4559,685	43,094				105,809	1,165
M-1B	2279,671	21,547	105,801	1,165	90,827		
101	570,1217	21,547	26,460	1,165	22,707		
102	569,7351	21,547	26,442	1,164	22,707		
103	569,9612	21,547	26,452	1,165	22,707		
104	569,8527	21,547	26,447	1,165	22,707		
M-2B	2280,014	21,547	105,817	1,165	90,827		
105	570,2436	21,547	26,465	1,166	22,707		
106	569,9319	21,547	26,451	1,165	22,707		
107	569,9691	21,547	26,453	1,165	22,707		
108	569,8699	21,547	26,448	1,165	22,707		
1ra C	4559,338	43,094				105,801	1,165
M-1C	2279,279	21,547	105,783	1,165	90,827		
101	570,0245	21,547	26,455	1,165	22,707		
102	569,5107	21,547	26,431	1,164	22,707		
103	569,8786	21,547	26,448	1,165	22,707		
104	569,8652	21,547	26,448	1,165	22,707		
M-2C	2280,059	21,547	105,819	1,165	90,827		
105	569,9462	21,547	26,452	1,165	22,707		
106	570,1194	21,547	26,460	1,165	22,707		
107	570,087	21,547	26,458	1,165	22,707		
108	569,9061	21,547	26,450	1,165	22,707		
2da A	4215,130	43,094				98,459	1,231
M-1A ₂	2204,952	21,547	102,333	1,127	90,827		
113	570,2358	21,547	26,465	1,166	22,707		
114	569,9269	21,547	26,451	1,165	22,707		
115	569,9806	21,547	26,453	1,165	22,707		
116	494,8086	21,547	22,964	1,011	22,707		
M-2A ₂	2010,178	21,547	93,294	1,370	68,120		
117	680,2151	21,547	31,569	1,390	22,707		
118	679,9988	21,547	31,559	1,390	22,707		
119	649,9638	21,547	30,165	1,328	22,707		
2da B	4376,809	43,094				102,549	1,278
M-1B ₂	2336,832	21,547	108,454	1,194	90,827		
113	596,9308	21,547	27,704	1,220	22,707		
114	569,9797	21,547	26,453	1,165	22,707		
115	599,9746	21,547	27,845	1,226	22,707		
116	569,9472	21,547	26,452	1,165	22,707		
M-2B ₂	2039,976	21,547	94,677	1,390	68,120		
117	680,0461	21,547	31,561	1,390	22,707		
118	679,9777	21,547	31,558	1,390	22,707		
119	679,9527	21,547	31,557	1,390	22,707		
TOTAL para la UBP						102,697	1,190

Tabla A1.9 Resultados de Q_a y V_a para el día 15 de enero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	3990,662	42,474				95,871	1,098
M-1 ^a	1710,707	21,237	80,554	0,922	87,322		
101	570,3303	21,237	26,856	1,230	21,831		
102	569,8234	21,237	26,832	1,229	21,831		
103	0,873045	21,237	0,041	0,002	21,831		
104	569,6798	21,237	26,825	1,229	21,831		
M-2 ^a	2279,955	21,237	107,359	1,229	87,322		
105	570,3602	21,237	26,857	1,230	21,831		
106	569,4016	21,237	26,812	1,228	21,831		
107	569,9409	21,237	26,837	1,229	21,831		
108	570,2527	21,237	26,852	1,230	21,831		
1ra B	4559,034	42,474				107,338	1,229
M-1B	2279,490	21,237	107,337	1,229	87,322		
101	569,8689	21,237	26,834	1,229	21,831		
102	569,8482	21,237	26,833	1,229	21,831		
103	569,9523	21,237	26,838	1,229	21,831		
104	569,8206	21,237	26,832	1,229	21,831		
M-2B	2279,544	21,237	107,339	1,229	87,322		
105	569,8868	21,237	26,835	1,229	21,831		
106	569,8833	21,237	26,835	1,229	21,831		
107	569,8842	21,237	26,835	1,229	21,831		
108	569,8895	21,237	26,835	1,229	21,831		
1ra C	4560,461	42,474				107,372	1,230
M-1C	2281,922	21,237	107,451	1,231	87,322		
101	569,9699	21,237	26,839	1,229	21,831		
102	569,8027	21,237	26,831	1,229	21,831		
103	572,7879	21,237	26,971	1,235	21,831		
104	569,361	21,237	26,810	1,228	21,831		
M-2C	2278,540	21,237	107,292	1,229	87,322		
105	569,8414	21,237	26,833	1,229	21,831		
106	569,4588	21,237	26,815	1,228	21,831		
107	569,4735	21,237	26,815	1,228	21,831		
108	569,7662	21,237	26,829	1,229	21,831		
2da A	4327,995	42,474				102,678	1,334
M-1A ₂	2279,845	21,237	107,354	1,229	87,322		
113	570,1195	21,237	26,846	1,230	21,831		
114	569,8952	21,237	26,835	1,229	21,831		
115	569,9003	21,237	26,836	1,229	21,831		
116	569,9296	21,237	26,837	1,229	21,831		
M-2A ₂	2048,151	21,237	96,443	1,473	65,492		
117	688,5095	21,237	32,421	1,485	21,831		
118	688,544	21,237	32,422	1,485	21,831		
119	671,0971	21,237	31,601	1,448	21,831		
2da B	4364,211	42,474				103,708	1,345
M-1B ₂	2324,382	21,237	109,451	1,253	87,322		
113	584,3462	21,237	27,516	1,260	21,831		
114	569,9745	21,237	26,839	1,229	21,831		
115	600,0632	21,237	28,256	1,294	21,831		
116	569,9977	21,237	26,840	1,229	21,831		
M-2B ₂	2039,830	21,237	96,052	1,467	65,492		
117	680,0732	21,237	32,023	1,467	21,831		
118	680,0064	21,237	32,020	1,467	21,831		
119	679,7499	21,237	32,008	1,466	21,831		
TOTAL para la UBP						103,393	1,247

Tabla A1.10 Resultados de Q_a y V_a para el día 18 de enero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4106,822	43,825				95,950	1,207
M-1A	1709,847	21,912	78,031	1,172	66,575		
101	569,9325	21,912	26,010	1,172	22,192		
102	569,9997	21,912	26,013	1,172	22,192		
104	569,9144	21,912	26,009	1,172	22,192		
M-2A	2396,975	21,912	109,390	1,232	88,766		
105	569,9573	21,912	26,011	1,172	22,192		
106	686,9449	21,912	31,350	1,413	22,192		
107	569,9096	21,912	26,009	1,172	22,192		
108	570,1633	21,912	26,020	1,173	22,192		
1ra B	4558,759	43,825				104,023	1,172
M-1B	2279,142	21,912	104,012	1,172	88,766		
101	569,6205	21,912	25,995	1,171	22,192		
102	569,6512	21,912	25,997	1,171	22,192		
103	569,9519	21,912	26,011	1,172	22,192		
104	569,9183	21,912	26,009	1,172	22,192		
M-2B	2279,617	21,912	104,034	1,172	88,766		
105	569,9342	21,912	26,010	1,172	22,192		
106	569,8607	21,912	26,006	1,172	22,192		
107	569,8568	21,912	26,006	1,172	22,192		
108	569,9656	21,912	26,011	1,172	22,192		
1ra C	4559,513	43,825				104,040	1,172
M-1C	2279,516	21,912	104,029	1,172	88,766		
101	569,8474	21,912	26,006	1,172	22,192		
102	569,9729	21,912	26,012	1,172	22,192		
103	569,8137	21,912	26,004	1,172	22,192		
104	569,8823	21,912	26,007	1,172	22,192		
M-2C	2279,996	21,912	104,051	1,172	88,766		
105	569,9794	21,912	26,012	1,172	22,192		
106	570,037	21,912	26,014	1,172	22,192		
107	570,0888	21,912	26,017	1,172	22,192		
108	569,8912	21,912	26,008	1,172	22,192		
2da A	4320,602	43,825				99,369	1,269
M-1A ₂	2279,969	21,912	104,050	1,172	88,766		
113	569,7742	21,912	26,003	1,172	22,192		
114	569,9604	21,912	26,011	1,172	22,192		
115	570,2532	21,912	26,024	1,173	22,192		
116	569,9815	21,912	26,012	1,172	22,192		
M-2A ₂	2040,633	21,912	93,127	1,399	66,575		
117	680,1204	21,912	31,038	1,399	22,192		
118	680,5768	21,912	31,059	1,400	22,192		
119	679,9353	21,912	31,030	1,398	22,192		
2da B	4304,471	43,825				98,952	1,265
M-1B ₂	2264,463	21,912	103,342	1,164	88,766		
113	554,7441	21,912	25,317	1,141	22,192		
114	569,9526	21,912	26,011	1,172	22,192		
115	569,8818	21,912	26,007	1,172	22,192		
116	569,8848	21,912	26,008	1,172	22,192		
M-2B ₂	2040,007	21,912	93,099	1,398	66,575		
117	680,0187	21,912	31,034	1,398	22,192		
118	680,0025	21,912	31,033	1,398	22,192		
119	679,9862	21,912	31,032	1,398	22,192		
TOTAL para la UBP						100,467	1,217

Tabla A1.11 Resultados de Q_a y V_a para el día 30 de enero del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	3992,345	42,173				96,602	1,174
M-1A	1710,293	21,087	81,108	1,173	69,127		
101	570,2845	21,087	27,045	1,174	23,042		
102	570,0517	21,087	27,034	1,173	23,042		
104	569,9566	21,087	27,029	1,173	23,042		
M-2A	2282,052	21,087	108,222	1,174	92,169		
105	569,8252	21,087	27,023	1,173	23,042		
106	570,1976	21,087	27,041	1,174	23,042		
107	572,1105	21,087	27,131	1,177	23,042		
108	569,9188	21,087	27,027	1,173	23,042		
1ra B	4571,371	42,173				108,395	1,176
M-1B	2281,126	21,087	108,178	1,174	92,169		
101	570,3425	21,087	27,047	1,174	23,042		
102	570,5625	21,087	27,058	1,174	23,042		
103	570,1497	21,087	27,038	1,173	23,042		
104	570,0712	21,087	27,035	1,173	23,042		
M-2B	2290,246	21,087	108,611	1,178	92,169		
105	569,9334	21,087	27,028	1,173	23,042		
106	571,8048	21,087	27,117	1,177	23,042		
107	578,7342	21,087	27,445	1,191	23,042		
108	569,7732	21,087	27,020	1,173	23,042		
1ra C	4558,812	42,173				108,097	1,173
M-1C	2278,776	21,087	108,067	1,172	92,169		
101	569,6752	21,087	27,016	1,172	23,042		
102	569,4357	21,087	27,004	1,172	23,042		
103	569,7997	21,087	27,022	1,173	23,042		
104	569,8653	21,087	27,025	1,173	23,042		
M-2C	2280,036	21,087	108,127	1,173	92,169		
105	569,8603	21,087	27,025	1,173	23,042		
106	570,3534	21,087	27,048	1,174	23,042		
107	569,8242	21,087	27,023	1,173	23,042		
108	569,9986	21,087	27,031	1,173	23,042		
2da A	4290,662	42,173				102,654	1,262
M-1A ₂	2280,537	21,087	108,150	1,173	92,169		
113	570,0885	21,087	27,035	1,173	23,042		
114	570,0444	21,087	27,033	1,173	23,042		
115	570,3719	21,087	27,049	1,174	23,042		
116	570,0317	21,087	27,033	1,173	23,042		
M-2A ₂	2010,126	21,087	95,327	1,379	69,127		
117	680,0458	21,087	32,250	1,400	23,042		
118	680,0342	21,087	32,249	1,400	23,042		
119	650,0457	21,087	30,827	1,338	23,042		
2da B	4320,567	42,173				103,259	1,270
M-1B ₂	2280,043	21,087	108,127	1,173	92,169		
113	569,8601	21,087	27,025	1,173	23,042		
114	569,9937	21,087	27,031	1,173	23,042		
115	570,0539	21,087	27,034	1,173	23,042		
116	570,1354	21,087	27,038	1,173	23,042		
M-2B ₂	2040,524	21,087	96,768	1,400	69,127		
117	680,3608	21,087	32,265	1,400	23,042		
118	680,0112	21,087	32,248	1,400	23,042		
119	680,1521	21,087	32,255	1,400	23,042		
TOTAL para la UBP						103,801	1,211

Tabla A1.12 Resultados de Q_a y V_a para el día 2 de febrero del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4296,936	40,660				108,759	1,351
M-1 ^a	1710,143	20,330	84,119	1,254	67,054		
101	570,2068	20,330	28,047	1,255	22,351		
102	569,9717	20,330	28,036	1,254	22,351		
104	569,9642	20,330	28,035	1,254	22,351		
M-2 ^a	2586,793	20,330	127,239	1,423	89,406		
105	569,7854	20,330	28,027	1,254	22,351		
106	570,6127	20,330	28,067	1,256	22,351		
107	569,8823	20,330	28,031	1,254	22,351		
108	876,5129	20,330	43,114	1,929	22,351		
1ra B	4569,484	40,660				112,382	1,257
M-1B	2279,767	20,330	112,137	1,254	89,406		
101	569,4186	20,330	28,009	1,253	22,351		
102	570,1663	20,330	28,045	1,255	22,351		
103	570,0245	20,330	28,038	1,254	22,351		
104	570,1579	20,330	28,045	1,255	22,351		
M-2B	2289,717	20,330	112,627	1,260	89,406		
105	569,6552	20,330	28,020	1,254	22,351		
106	569,9652	20,330	28,035	1,254	22,351		
107	580,2344	20,330	28,541	1,277	22,351		
108	569,8623	20,330	28,030	1,254	22,351		
1ra C	4559,844	40,660				112,145	1,254
M-1C	2279,743	20,330	112,136	1,254	89,406		
101	570,0337	20,330	28,039	1,254	22,351		
102	569,6304	20,330	28,019	1,254	22,351		
103	570,017	20,330	28,038	1,254	22,351		
104	570,0621	20,330	28,040	1,255	22,351		
M-2C	2280,101	20,330	112,154	1,254	89,406		
105	569,9907	20,330	28,037	1,254	22,351		
106	570,152	20,330	28,045	1,255	22,351		
107	570,0829	20,330	28,041	1,255	22,351		
108	569,8754	20,330	28,031	1,254	22,351		
2da A	4267,639	40,660				105,974	1,342
M-1A ₂	2278,347	20,330	112,068	1,253	89,406		
113	570,0335	20,330	28,039	1,254	22,351		
114	568,239	20,330	27,951	1,251	22,351		
115	570,0891	20,330	28,042	1,255	22,351		
116	569,9852	20,330	28,036	1,254	22,351		
M-2A ₂	1989,292	20,330	97,849	1,459	67,054		
117	679,2077	20,330	33,409	1,495	22,351		
118	660,0672	20,330	32,467	1,453	22,351		
119	650,0173	20,330	31,973	1,430	22,351		
2da B	4320,209	40,660				107,096	1,358
M-1B ₂	2280,330	20,330	112,165	1,255	89,406		
113	570,0228	20,330	28,038	1,254	22,351		
114	570,0019	20,330	28,037	1,254	22,351		
115	570,1566	20,330	28,045	1,255	22,351		
116	570,1487	20,330	28,045	1,255	22,351		
M-2B ₂	2039,878	20,330	100,338	1,496	67,054		
117	680,0117	20,330	33,448	1,496	22,351		
118	679,9539	20,330	33,446	1,496	22,351		
119	679,9129	20,330	33,444	1,496	22,351		
TOTAL para la UBP						109,271	1,312

Tabla A1.13 Resultados de Q_a y V_a para el día 3 de febrero del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m^3/h	t/h	m^3/t	$m^3/(t \cdot \text{min})$	Min	m^3/t	$m^3/(t \cdot \text{min})$
1ra A	4240,671	41,373				105,022	1,248
M-1 ^a	1754,965	20,686	84,837	1,205	70,408		
101	569,978	20,686	27,553	1,174	23,469		
102	569,864	20,686	27,548	1,174	23,469		
104	615,124	20,686	29,736	1,267	23,469		
M-2 ^a	2485,706	20,686	120,161	1,280	93,878		
105	569,898	20,686	27,549	1,174	23,469		
106	590,412	20,686	28,541	1,216	23,469		
107	569,940	20,686	27,551	1,174	23,469		
108	755,456	20,686	36,519	1,556	23,469		
1ra B	4569,282	41,373				110,442	1,176
M-1B	2279,448	20,686	110,191	1,174	93,878		
101	569,729	20,686	27,541	1,173	23,469		
102	569,756	20,686	27,543	1,174	23,469		
103	569,893	20,686	27,549	1,174	23,469		
104	570,071	20,686	27,558	1,174	23,469		
M-2B	2289,834	20,686	110,693	1,179	93,878		
105	570,1295	20,686	27,561	1,174	23,469		
106	569,9853	20,686	27,554	1,174	23,469		
107	579,9114	20,686	28,033	1,194	23,469		
108	569,8078	20,686	27,545	1,174	23,469		
1ra C	4559,504	41,373				110,205	1,174
M-1C	2279,641	20,686	110,200	1,174	93,878		
101	570,0145	20,686	27,555	1,174	23,469		
102	569,9263	20,686	27,551	1,174	23,469		
103	569,8288	20,686	27,546	1,174	23,469		
104	569,8718	20,686	27,548	1,174	23,469		
M-2C	2279,862	20,686	110,211	1,174	93,878		
105	569,9561	20,686	27,552	1,174	23,469		
106	570,0559	20,686	27,557	1,174	23,469		
107	570,0135	20,686	27,555	1,174	23,469		
108	569,8367	20,686	27,546	1,174	23,469		
2da A	4269,838	41,373				104,205	1,256
M-1A ₂	2279,895	20,686	110,212	1,174	93,878		
113	569,9518	20,686	27,552	1,174	23,469		
114	569,9593	20,686	27,552	1,174	23,469		
115	570,0173	20,686	27,555	1,174	23,469		
116	569,9667	20,686	27,553	1,174	23,469		
M-2A ₂	1989,943	20,686	96,196	1,366	70,408		
117	680,5822	20,686	32,900	1,402	23,469		
118	659,3543	20,686	31,874	1,358	23,469		
119	650,0064	20,686	31,422	1,339	23,469		
2da B	4319,741	41,373				105,240	1,271
M-1B ₂	2280,019	20,686	110,218	1,174	93,878		
113	570,0363	20,686	27,556	1,174	23,469		
114	569,9987	20,686	27,554	1,174	23,469		
115	570,0945	20,686	27,559	1,174	23,469		
116	569,889	20,686	27,549	1,174	23,469		
M-2B ₂	2039,723	20,686	98,602	1,400	70,408		
117	680,0663	20,686	32,875	1,401	23,469		
118	680,0111	20,686	32,872	1,401	23,469		
119	679,6453	20,686	32,855	1,400	23,469		
TOTAL para la UBP						107,023	1,225

Tabla A1.14 Resultados de Q_a y V_a para el día 4 de febrero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4018,138	41,445				98,967	1,257
M-1 ^a	1716,491	20,723	82,831	1,253	66,100		
101	569,8992	20,723	27,501	1,248	22,033		
102	572,3651	20,723	27,620	1,254	22,033		
104	574,227	20,723	27,710	1,258	22,033		
M-2 ^a	2301,646	20,723	111,069	1,260	88,133		
105	570,4695	20,723	27,529	1,249	22,033		
106	590,3468	20,723	28,488	1,293	22,033		
107	570,0713	20,723	27,509	1,249	22,033		
108	570,7588	20,723	27,543	1,250	22,033		
1ra B	4571,855	41,445				110,310	1,252
M-1B	2285,169	20,723	110,274	1,251	88,133		
101	573,3598	20,723	27,668	1,256	22,033		
102	572,1901	20,723	27,612	1,253	22,033		
103	572,221	20,723	27,613	1,253	22,033		
104	567,3985	20,723	27,381	1,243	22,033		
M-2B	2286,686	20,723	110,347	1,252	88,133		
105	564,9122	20,723	27,261	1,237	22,033		
106	571,8623	20,723	27,596	1,252	22,033		
107	580,0884	20,723	27,993	1,270	22,033		
108	569,8228	20,723	27,497	1,248	22,033		
1ra C	4560,005	41,445				110,024	1,248
M-1C	2280,157	20,723	110,032	1,248	88,133		
101	570,0014	20,723	27,506	1,248	22,033		
102	569,9569	20,723	27,504	1,248	22,033		
103	570,1346	20,723	27,513	1,249	22,033		
104	570,0639	20,723	27,509	1,249	22,033		
M-2C	2279,848	20,723	110,017	1,248	88,133		
105	570,0254	20,723	27,507	1,248	22,033		
106	569,629	20,723	27,488	1,248	22,033		
107	570,1551	20,723	27,514	1,249	22,033		
108	570,0384	20,723	27,508	1,248	22,033		
2da A	4228,733	41,445				103,008	1,323
M-1A ₂	2256,069	20,723	108,869	1,235	88,133		
113	569,9327	20,723	27,503	1,248	22,033		
114	569,0877	20,723	27,462	1,246	22,033		
115	547,0134	20,723	26,397	1,198	22,033		
116	570,0354	20,723	27,508	1,248	22,033		
M-2A ₂	1972,664	20,723	95,193	1,440	66,100		
117	658,854	20,723	31,794	1,443	22,033		
118	663,9692	20,723	32,041	1,454	22,033		
119	649,8406	20,723	31,359	1,423	22,033		
2da B	4319,013	41,445				105,042	1,386
M-1B ₂	2280,287	20,723	110,038	1,249	88,133		
113	569,2141	20,723	27,468	1,247	22,033		
114	567,4836	20,723	27,385	1,243	22,033		
115	574,4953	20,723	27,723	1,258	22,033		
116	569,0934	20,723	27,462	1,246	22,033		
M-2B ₂	2038,726	20,723	98,381	1,488	66,100		
117	676,4039	20,723	32,641	1,481	22,033		
118	684,0745	20,723	33,011	1,498	22,033		
119	678,2479	20,723	32,730	1,485	22,033		
TOTAL para la UBP						105,470	1,293

Tabla A1.15 Resultados de Q_a y V_a para el día 5 de febrero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4002,932	41,409				98,690	1,210
M-1 ^a	1708,451	20,705	82,516	1,205	68,481		
101	569,4728	20,705	27,505	1,205	22,827		
102	568,7606	20,705	27,470	1,203	22,827		
104	570,2171	20,705	27,541	1,207	22,827		
M-2 ^a	2294,482	20,705	110,820	1,214	91,308		
105	570,1699	20,705	27,538	1,206	22,827		
106	584,3659	20,705	28,224	1,236	22,827		
107	569,8769	20,705	27,524	1,206	22,827		
108	570,069	20,705	27,533	1,206	22,827		
1ra B	4567,778	41,409				110,308	1,208
M-1B	2280,284	20,705	110,134	1,206	91,308		
101	570,4214	20,705	27,551	1,207	22,827		
102	569,7939	20,705	27,520	1,206	22,827		
103	570,3201	20,705	27,546	1,207	22,827		
104	569,7481	20,705	27,518	1,206	22,827		
M-2B	2287,494	20,705	110,483	1,210	91,308		
105	570,2528	20,705	27,542	1,207	22,827		
106	570,2477	20,705	27,542	1,207	22,827		
107	576,6426	20,705	27,851	1,220	22,827		
108	570,3513	20,705	27,547	1,207	22,827		
1ra C	4559,304	41,409				110,104	1,206
M-1C	2278,959	20,705	110,070	1,205	91,308		
101	569,8212	20,705	27,522	1,206	22,827		
102	569,4595	20,705	27,504	1,205	22,827		
103	569,6949	20,705	27,515	1,205	22,827		
104	569,9837	20,705	27,529	1,206	22,827		
M-2C	2280,344	20,705	110,137	1,206	91,308		
105	569,9725	20,705	27,529	1,206	22,827		
106	570,446	20,705	27,552	1,207	22,827		
107	569,8858	20,705	27,525	1,206	22,827		
108	570,04	20,705	27,532	1,206	22,827		
2da A	4285,442	41,409				104,396	1,295
M-1A ₂	2274,058	20,705	109,834	1,203	91,308		
113	570,116	20,705	27,536	1,206	22,827		
114	565,4743	20,705	27,312	1,196	22,827		
115	568,4071	20,705	27,453	1,203	22,827		
116	570,0608	20,705	27,533	1,206	22,827		
M-2A ₂	2011,383	20,705	97,147	1,419	68,481		
117	664,579	20,705	32,098	1,406	22,827		
118	676,5599	20,705	32,677	1,432	22,827		
119	670,2446	20,705	32,372	1,418	22,827		
2da B	4334,993	41,409				105,565	1,342
M-1B ₂	2294,700	20,705	110,831	1,214	91,308		
113	570,2458	20,705	27,542	1,207	22,827		
114	570,0266	20,705	27,531	1,206	22,827		
115	584,272	20,705	28,219	1,236	22,827		
116	570,1555	20,705	27,538	1,206	22,827		
M-2B ₂	2040,293	20,705	98,543	1,439	68,481		
117	680,0436	20,705	32,845	1,439	22,827		
118	680,2444	20,705	32,855	1,439	22,827		
119	680,0053	20,705	32,843	1,439	22,827		
TOTAL para la UBP						105,813	1,252

Tabla A1.16 Resultados de Q_a y V_a para el día 6 de febrero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4088,033	41,168				101,595	1,300
M-1A	1713,498	20,584	83,244	1,272	65,459		
101	569,7673	20,584	27,680	1,269	21,820		
102	569,5745	20,584	27,671	1,268	21,820		
104	574,1562	20,584	27,893	1,278	21,820		
M-2A	2374,535	20,584	115,358	1,322	87,278		
105	664,6035	20,584	32,287	1,480	21,820		
106	570,4724	20,584	27,714	1,270	21,820		
107	569,916	20,584	27,687	1,269	21,820		
108	569,5434	20,584	27,669	1,268	21,820		
1ra B	4559,862	41,168				110,762	1,269
M-1B	2280,331	20,584	110,782	1,269	87,278		
101	570,0432	20,584	27,694	1,269	21,820		
102	570,2172	20,584	27,702	1,270	21,820		
103	569,956	20,584	27,689	1,269	21,820		
104	570,1148	20,584	27,697	1,269	21,820		
M-2B	2279,530	20,584	110,743	1,269	87,278		
105	569,8577	20,584	27,685	1,269	21,820		
106	569,8854	20,584	27,686	1,269	21,820		
107	569,9843	20,584	27,691	1,269	21,820		
108	569,803	20,584	27,682	1,269	21,820		
1ra C	4559,185	41,168				110,746	1,269
M-1C	2279,816	20,584	110,757	1,269	87,278		
101	569,9923	20,584	27,691	1,269	21,820		
102	569,9743	20,584	27,690	1,269	21,820		
103	570,049	20,584	27,694	1,269	21,820		
104	569,8001	20,584	27,682	1,269	21,820		
M-2C	2279,370	20,584	110,735	1,269	87,278		
105	569,9552	20,584	27,689	1,269	21,820		
106	569,2349	20,584	27,654	1,267	21,820		
107	570,2138	20,584	27,702	1,270	21,820		
108	569,9659	20,584	27,690	1,269	21,820		
2da A	4269,888	41,168				104,654	1,358
M-1A ₂	2269,710	20,584	110,266	1,263	87,278		
113	569,9603	20,584	27,689	1,269	21,820		
114	565,6493	20,584	27,694	1,269	21,820		
115	564,1594	20,584	27,682	1,269	21,820		
116	569,9414	20,584	27,689	1,269	21,820		
M-2A ₂	2000,177	20,584	97,172	1,484	65,459		
117	670,363	20,584	27,654	1,267	21,820		
118	649,8376	20,584	27,702	1,270	21,820		
119	679,9768	20,584	27,690	1,269	21,820		
2da B	4797,401	41,168				119,021	1,526
M-1B ₂	2757,290	20,584	133,953	1,535	87,278		
113	569,9921	20,584	27,691	1,269	21,820		
114	564,5205	20,584	27,425	1,257	21,820		
115	1052,577	20,584	51,136	2,344	21,820		
116	570,2007	20,584	27,701	1,270	21,820		
M-2B ₂	2040,111	20,584	99,112	1,514	65,459		
117	680,0855	20,584	33,040	1,514	21,820		
118	680,0312	20,584	33,037	1,514	21,820		
119	679,994	20,584	33,035	1,514	21,820		
TOTAL para la UBP						109,356	1,344

Tabla A1.17 Resultados de Q_a y V_a para el día 7 de febrero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4082,297	42,505				97,363	1,257
M-1A	1844,693	21,253	86,798	1,325	65,495		
101	569,8656	21,253	26,814	1,228	21,832		
102	704,9171	21,253	33,169	1,519	21,832		
104	569,9099	21,253	26,816	1,228	21,832		
M-2A	2237,604	21,253	105,286	1,206	87,327		
105	569,7821	21,253	26,810	1,228	21,832		
106	527,9318	21,253	24,841	1,138	21,832		
107	569,9433	21,253	26,818	1,228	21,832		
108	569,9468	21,253	26,818	1,228	21,832		
1ra B	4559,221	42,505				107,263	1,228
M-1B	2279,311	21,253	107,249	1,228	87,327		
101	569,8328	21,253	26,812	1,228	21,832		
102	569,8859	21,253	26,815	1,228	21,832		
103	569,7609	21,253	26,809	1,228	21,832		
104	569,8316	21,253	26,812	1,228	21,832		
M-2B	2279,910	21,253	107,277	1,228	87,327		
105	570,1108	21,253	26,825	1,229	21,832		
106	569,878	21,253	26,815	1,228	21,832		
107	570,0153	21,253	26,821	1,229	21,832		
108	569,9059	21,253	26,816	1,228	21,832		
1ra C	4559,557	42,505				107,271	1,228
M-1C	2279,777	21,253	107,271	1,228	87,327		
101	569,8894	21,253	26,815	1,228	21,832		
102	569,9901	21,253	26,820	1,228	21,832		
103	569,9476	21,253	26,818	1,228	21,832		
104	569,95	21,253	26,818	1,228	21,832		
M-2C	2279,780	21,253	107,271	1,228	87,327		
105	569,9264	21,253	26,817	1,228	21,832		
106	569,7936	21,253	26,811	1,228	21,832		
107	570,158	21,253	26,828	1,229	21,832		
108	569,902	21,253	26,816	1,228	21,832		
2da A	3920,209	42,505				93,350	1,207
M-1A ₂	2126,942	21,253	100,079	1,146	87,327		
113	569,9819	21,253	26,819	1,228	21,832		
114	438,4523	21,253	20,631	0,945	21,832		
115	548,6098	21,253	25,814	1,182	21,832		
116	569,8981	21,253	26,815	1,228	21,832		
M-2A ₂	1793,267	21,253	84,379	1,288	65,495		
117	574,2936	21,253	27,022	1,238	21,832		
118	586,0096	21,253	27,574	1,263	21,832		
119	632,9634	21,253	29,783	1,364	21,832		
2da B	4688,679	42,505				113,254	1,444
M-1B ₂	2782,593	21,253	130,930	1,499	87,327		
113	569,7752	21,253	26,810	1,228	21,832		
114	569,9402	21,253	26,817	1,228	21,832		
115	1073,186	21,253	50,497	2,313	21,832		
116	569,6922	21,253	26,806	1,228	21,832		
M-2B ₂	1906,086	21,253	89,687	1,369	65,495		
117	521,9978	21,253	24,562	1,125	21,832		
118	717,5178	21,253	33,761	1,546	21,832		
119	666,5701	21,253	31,364	1,437	21,832		
TOTAL para la UBP						103,700	1,273

Tabla A1.18 Resultados de Q_a y V_a para el día 22 de febrero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	3610,833	43,908				82,856	1,018
M-1A	1710,209	21,954	77,900	1,125	69,235		
101	569,5632	21,954	25,944	1,124	23,078		
102	570,319	21,954	25,978	1,126	23,078		
104	570,3268	21,954	25,978	1,126	23,078		
M-2A	1900,624	21,954	86,574	0,938	92,314		
105	570,1716	21,954	25,971	1,125	23,078		
106	570,3202	21,954	25,978	1,126	23,078		
107	570,0515	21,954	25,966	1,125	23,078		
108	190,0807	21,954	8,658	0,375	23,078		
1ra B	3990,106	43,908				92,729	1,004
M-1B	2279,974	21,954	103,853	1,125	92,314		
101	570,1343	21,954	25,970	1,125	23,078		
102	569,9505	21,954	25,961	1,125	23,078		
103	570,089	21,954	25,968	1,125	23,078		
104	569,8006	21,954	25,954	1,125	23,078		
M-2B	1710,132	21,954	77,897	0,844	92,314		
105	0	21,954	0,000	0,000	23,078		
106	570,062	21,954	25,966	1,125	23,078		
107	570,1222	21,954	25,969	1,125	23,078		
108	569,9475	21,954	25,961	1,125	23,078		
1ra C	4603,278	43,908				104,840	1,136
M-1C	2316,087	21,954	105,498	1,143	92,314		
101	579,0602	21,954	26,376	1,143	23,078		
102	578,9791	21,954	26,373	1,143	23,078		
103	579,0831	21,954	26,377	1,143	23,078		
104	578,965	21,954	26,372	1,143	23,078		
M-2C	2287,190	21,954	104,182	1,129	92,314		
105	570,0157	21,954	25,964	1,125	23,078		
106	570,3593	21,954	25,980	1,126	23,078		
107	576,6934	21,954	26,268	1,138	23,078		
108	570,122	21,954	25,969	1,125	23,078		
2da A	3750,295	43,908				85,413	1,093
M-1A ₂	1710,241	21,954	77,902	0,844	92,314		
113	570,089	21,954	25,968	1,125	23,078		
114	0	21,954	0,000	0,000	23,078		
115	570,1224	21,954	25,969	1,125	23,078		
116	570,0294	21,954	25,965	1,125	23,078		
M-2A ₂	2040,054	21,954	92,925	1,342	69,235		
117	679,9579	21,954	30,972	1,342	23,078		
118	680,1182	21,954	30,979	1,342	23,078		
119	679,9776	21,954	30,973	1,342	23,078		
2da B	4388,124	43,908				100,942	1,237
M-1B ₂	2348,036	21,954	106,953	1,159	92,314		
113	582,9807	21,954	26,555	1,151	23,078		
114	582,6423	21,954	26,539	1,150	23,078		
115	599,7474	21,954	27,319	1,184	23,078		
116	582,6652	21,954	26,540	1,150	23,078		
M-2B ₂	2040,089	21,954	92,926	1,342	69,235		
117	680,0236	21,954	30,975	1,342	23,078		
118	679,9929	21,954	30,974	1,342	23,078		
119	680,0721	21,954	30,977	1,342	23,078		
TOTAL para la UBP						93,356	1,098

Tabla A1.19 Resultados de Q_a y V_a para el día 24 de febrero del 2016

TA No. SERIES	G _a m ³ /h	MR t/h	V _a m ³ /t	Q _a m ³ /(t·min)	TR Min	V _a pond m ³ /t	Q _a pond m ³ /(t·min)
1ra A	3897,823	41,395				94,158	1,242
M-1A	1949,468	20,697	94,189	1,450	64,970		
101	649,8326	20,697	31,397	1,450	21,657		
102	649,606	20,697	31,386	1,449	21,657		
104	650,0296	20,697	31,406	1,450	21,657		
M-2A	1948,355	20,697	94,135	1,087	86,627		
105	649,9358	20,697	31,402	1,450	21,657		
106	645,764	20,697	31,200	1,441	21,657		
107	649,8631	20,697	31,398	1,450	21,657		
108	2,792041	20,697	0,135	0,006	21,657		
1ra B	4525,405	41,395				111,646	1,442
M-1B	2599,325	20,697	125,587	1,450	86,627		
101	650,1239	20,697	31,411	1,450	21,657		
102	650,0625	20,697	31,408	1,450	21,657		
103	649,9017	20,697	31,400	1,450	21,657		
104	649,237	20,697	31,368	1,448	21,657		
M-2B	1926,080	20,697	93,059	1,432	64,970		
106	649,5165	20,697	31,381	1,449	21,657		
107	626,6936	20,697	30,279	1,398	21,657		
108	649,8694	20,697	31,399	1,450	21,657		
1ra C	2912,765	41,395				70,365	0,812
M-1C	324,160	20,697	15,662	0,181	86,627		
101	321,1232	20,697	15,515	0,716	21,657		
102	1,797628	20,697	0,087	0,004	21,657		
103	0,851486	20,697	0,041	0,002	21,657		
104	0,3879	20,697	0,019	0,001	21,657		
M-2C	2588,604	20,697	125,069	1,444	86,627		
105	649,8842	20,697	31,399	1,450	21,657		
106	649,618	20,697	31,386	1,449	21,657		
107	650,0753	20,697	31,408	1,450	21,657		
108	639,0269	20,697	30,875	1,426	21,657		
2da A	4853,862	41,395				118,443	1,547
M-1A ₂	2598,643	20,697	125,554	1,449	86,627		
113	649,5873	20,697	31,385	1,449	21,657		
114	649,3171	20,697	31,372	1,449	21,657		
115	650,4171	20,697	31,425	1,451	21,657		
116	649,3213	20,697	31,372	1,449	21,657		
M-2A ₂	2255,219	20,697	108,961	1,677	64,970		
117	751,6749	20,697	36,317	1,677	21,657		
118	751,0519	20,697	36,287	1,676	21,657		
119	752,492	20,697	36,357	1,679	21,657		
2da B	5130,199	41,395				126,106	1,635
M-1B ₂	2879,974	20,697	139,146	1,606	86,627		
113	649,7053	20,697	31,391	1,449	21,657		
114	650,13	20,697	31,411	1,450	21,657		
115	930,5404	20,697	44,959	2,076	21,657		
116	649,5984	20,697	31,385	1,449	21,657		
M-2B ₂	2250,225	20,697	108,720	1,673	64,970		
117	748,965	20,697	36,186	1,671	21,657		
118	751,1036	20,697	36,290	1,676	21,657		
119	750,1561	20,697	36,244	1,674	21,657		
TOTAL para la UBP						104,144	1,336

Tabla A1.20 Resultados de Q_a y V_a para el día 25 de febrero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	V_a pond m^3/t	Q_a pond $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	3905,671	43,101				90,619	1,140
M-1A	1952,364	21,551	90,594	1,330	68,125		
101	650,0909	21,551	30,166	1,328	22,708		
102	649,9388	21,551	30,159	1,328	22,708		
104	652,3344	21,551	30,270	1,333	22,708		
M-2A	1953,306	21,551	90,638	0,998	90,833		
105	650,2891	21,551	30,175	1,329	22,708		
106	649,7937	21,551	30,152	1,328	22,708		
107	649,8577	21,551	30,155	1,328	22,708		
108	3,366013	21,551	0,156	0,007	22,708		
1ra B	4546,496	43,101				107,627	1,327
M-1B	2596,526	21,551	120,485	1,326	90,833		
101	650,0275	21,551	30,163	1,328	22,708		
102	650,1021	21,551	30,166	1,328	22,708		
103	650,0875	21,551	30,166	1,328	22,708		
104	646,3093	21,551	29,990	1,321	22,708		
M-2B	1949,970	21,551	90,483	1,328	68,125		
106	649,9302	21,551	30,158	1,328	22,708		
107	650,0185	21,551	30,162	1,328	22,708		
108	650,0213	21,551	30,162	1,328	22,708		
1ra C	2923,168	43,101				67,821	0,747
M-1C	308,222	21,551	14,302	0,157	90,833		
101	305,1915	21,551	14,162	0,624	22,708		
102	1,797205	21,551	0,083	0,004	22,708		
103	0,850134	21,551	0,039	0,002	22,708		
104	0,382982	21,551	0,018	0,001	22,708		
M-2C	2614,946	21,551	121,339	1,336	90,833		
105	650,0135	21,551	30,162	1,328	22,708		
106	650,9398	21,551	30,205	1,330	22,708		
107	649,955	21,551	30,159	1,328	22,708		
108	664,0382	21,551	30,813	1,357	22,708		
2da A	4827,498	43,101				113,238	1,409
M-1A ₂	2600,047	21,551	120,648	1,328	90,833		
113	650,0734	21,551	30,165	1,328	22,708		
114	649,9569	21,551	30,159	1,328	22,708		
115	650,0744	21,551	30,165	1,328	22,708		
116	649,9418	21,551	30,159	1,328	22,708		
M-2A ₂	2227,451	21,551	103,359	1,517	68,125		
117	750,1998	21,551	34,811	1,533	22,708		
118	745,0554	21,551	34,572	1,522	22,708		
119	732,1962	21,551	33,976	1,496	22,708		
2da B	4987,909	43,101				117,343	1,456
M-1B ₂	2738,050	21,551	127,052	1,399	90,833		
113	649,6512	21,551	30,145	1,328	22,708		
114	649,9794	21,551	30,160	1,328	22,708		
115	788,4075	21,551	36,584	1,611	22,708		
116	650,0123	21,551	30,162	1,328	22,708		
M-2B ₂	2249,858	21,551	104,398	1,532	68,125		
117	749,8179	21,551	34,793	1,532	22,708		
118	750,0018	21,551	34,802	1,533	22,708		
119	750,0386	21,551	34,803	1,533	22,708		
TOTAL para la UBP						99,330	1,216

Tabla A1.21 Resultados de Q_a y V_a para el día 28 de febrero del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t-min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t-min)
1ra A	3556,680	44,147				80,565	1,117
M-1A	1846,206	22,073	83,639	1,319	63,432		
101	570,1379	22,073	25,829	1,222	21,144		
102	706,0177	22,073	31,985	1,513	21,144		
104	570,0502	22,073	25,825	1,221	21,144		
M-2A	1710,475	22,073	77,490	0,916	63,432		
105	570,0438	22,073	25,825	1,221	21,144		
106	570,3737	22,073	25,840	1,222	21,144		
107	570,057	22,073	25,826	1,221	21,144		
1ra B	4560,982	44,147				103,314	1,222
M-1B	2280,445	22,073	103,312	1,222	84,576		
101	570,0372	22,073	25,825	1,221	21,144		
102	570,1402	22,073	25,829	1,222	21,144		
103	570,0524	22,073	25,825	1,221	21,144		
104	570,2155	22,073	25,833	1,222	21,144		
M-2B	2280,536	22,073	103,316	1,222	84,576		
105	569,9304	22,073	25,820	1,221	21,144		
106	570,0846	22,073	25,827	1,221	21,144		
107	570,2257	22,073	25,833	1,222	21,144		
108	570,2956	22,073	25,836	1,222	21,144		
1ra C	4559,471	44,147				103,280	1,221
M-1C	2280,094	22,073	103,296	1,221	84,576		
101	569,9531	22,073	25,821	1,221	21,144		
102	570,0271	22,073	25,824	1,221	21,144		
103	570,064	22,073	25,826	1,221	21,144		
104	570,0502	22,073	25,825	1,221	21,144		
M-2C	2279,377	22,073	103,264	1,221	84,576		
105	569,9777	22,073	25,822	1,221	21,144		
106	570,2374	22,073	25,834	1,222	21,144		
107	569,6757	22,073	25,808	1,221	21,144		
108	569,4863	22,073	25,800	1,220	21,144		
2da A	4152,437	44,147				95,522	1,271
M-1A ₂	2302,134	22,073	104,295	1,233	84,576		
113	575,5421	22,073	26,074	1,233	21,144		
114	575,5499	22,073	26,074	1,233	21,144		
115	575,4195	22,073	26,068	1,233	21,144		
116	575,6226	22,073	26,078	1,233	21,144		
M-2A ₂	1850,303	22,073	83,825	1,321	63,432		
117	574,2015	22,073	26,013	1,230	21,144		
118	636,0998	22,073	28,817	1,363	21,144		
119	640,0019	22,073	28,994	1,371	21,144		
2da B	4225,431	44,147				96,988	1,293
M-1B ₂	2309,751	22,073	104,640	1,237	84,576		
113	579,014	22,073	26,231	1,241	21,144		
114	576,5579	22,073	26,120	1,235	21,144		
115	577,0536	22,073	26,143	1,236	21,144		
116	577,1259	22,073	26,146	1,237	21,144		
M-2B ₂	1915,680	22,073	86,787	1,368	63,432		
117	640,1578	22,073	29,001	1,372	21,144		
118	641,3635	22,073	29,056	1,374	21,144		
119	634,1584	22,073	28,730	1,359	21,144		
TOTAL para la UBP						95,934	1,225

Tabla A1.22 Resultados de Q_a y V_a para el día 29 de febrero del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4141,618	41,401				100,036	1,358
M-1A	2047,160	20,701	98,894	1,536	64,363		
101	570,0613	20,701	27,538	1,284	21,454		
102	907,2007	20,701	43,825	2,043	21,454		
104	569,8977	20,701	27,530	1,283	21,454		
M-2A	2094,459	20,701	101,178	1,179	85,818		
105	570,1239	20,701	27,541	1,284	21,454		
106	954,3692	20,701	46,103	2,149	21,454		
107	569,9653	20,701	27,534	1,283	21,454		
1ra B	4560,326	41,401					
M-1B	2280,209	20,701	110,152	1,284	85,818	110,149	1,284
101	570,2542	20,701	27,548	1,284	21,454		
102	569,906	20,701	27,531	1,283	21,454		
103	569,9552	20,701	27,533	1,283	21,454		
104	570,0935	20,701	27,540	1,284	21,454		
M-2B	2280,117	20,701	110,147	1,284	85,818		
105	570,1438	20,701	27,542	1,284	21,454		
106	570,2783	20,701	27,549	1,284	21,454		
107	569,9839	20,701	27,535	1,283	21,454		
108	569,7109	20,701	27,521	1,283	21,454		
1ra C	4560,736	41,401					
M-1C	2280,144	20,701	110,148	1,284	85,818	110,159	1,284
101	570,1632	20,701	27,543	1,284	21,454		
102	570,1075	20,701	27,541	1,284	21,454		
103	570,0658	20,701	27,539	1,284	21,454		
104	569,8075	20,701	27,526	1,283	21,454		
M-2C	2280,592	20,701	110,170	1,284	85,818		
105	570,0637	20,701	27,538	1,284	21,454		
106	569,9372	20,701	27,532	1,283	21,454		
107	570,3414	20,701	27,552	1,284	21,454		
108	570,25	20,701	27,547	1,284	21,454		
2da A	3379,822	41,401					
M-1A ₂	2026,106	20,701	97,876	1,141	85,818	83,956	1,087
113	568,2755	20,701	27,452	1,280	21,454		
114	565,7637	20,701	27,331	1,274	21,454		
115	322,133	20,701	15,561	0,725	21,454		
116	569,934	20,701	27,532	1,283	21,454		
M-2A ₂	1353,715	20,701	65,395	1,016	64,363		
117	279,7531	20,701	13,514	0,630	21,454		
118	597,2186	20,701	28,850	1,345	21,454		
119	476,7437	20,701	23,030	1,073	21,454		
2da B	4028,648	41,401					
M-1B ₂	2279,334	20,701	110,109	1,283	85,818	99,136	1,296
113	569,9364	20,701	27,532	1,283	21,454		
114	569,364	20,701	27,505	1,282	21,454		
115	569,9872	20,701	27,535	1,283	21,454		
116	570,0459	20,701	27,538	1,284	21,454		
M-2B ₂	1749,314	20,701	84,505	1,313	64,363		
117	508,6468	20,701	24,572	1,145	21,454		
118	639,9671	20,701	30,915	1,441	21,454		
119	600,7004	20,701	29,018	1,353	21,454		
TOTAL para la UBP						100,687	1,262

Tabla A1.23 Resultados de Q_a y V_a para el día 5 de marzo del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4186,815	41,713				100,372	1,128
M-1A	2009,384	20,857	96,343	1,083	88,989		
101	625,8139	20,857	30,006	1,349	22,247		
102	626,2172	20,857	30,025	1,350	22,247		
103	131,7845	20,857	6,319	0,284	22,247		
104	625,5679	20,857	29,994	1,348	22,247		
M-2A	2177,432	20,857	104,400	1,173	88,989		
105	625,6001	20,857	29,995	1,348	22,247		
106	626,4441	20,857	30,036	1,350	22,247		
107	625,7723	20,857	30,004	1,349	22,247		
108	299,6153	20,857	14,366	0,646	22,247		
1ra B	4654,413	41,713				111,582	1,254
M-1B	2336,082	20,857	112,007	1,259	88,989		
101	570,0883	20,857	27,334	1,229	22,247		
102	569,6873	20,857	27,315	1,228	22,247		
103	626,234	20,857	30,026	1,350	22,247		
104	570,0725	20,857	27,333	1,229	22,247		
M-2B	2318,331	20,857	111,156	1,249	88,989		
105	569,8218	20,857	27,321	1,228	22,247		
106	608,9535	20,857	29,197	1,312	22,247		
107	569,9	20,857	27,325	1,228	22,247		
108	569,6552	20,857	27,313	1,228	22,247		
1ra C	4559,855	41,713				109,315	1,228
M-1C	2279,301	20,857	109,285	1,228	88,989		
101	569,7044	20,857	27,315	1,228	22,247		
102	569,891	20,857	27,324	1,228	22,247		
103	569,7683	20,857	27,318	1,228	22,247		
104	569,9376	20,857	27,327	1,228	22,247		
M-2C	2280,553	20,857	109,345	1,229	88,989		
105	570,4815	20,857	27,353	1,229	22,247		
106	570,3249	20,857	27,345	1,229	22,247		
107	569,7332	20,857	27,317	1,228	22,247		
108	570,0139	20,857	27,330	1,228	22,247		
2da A	3989,609	41,713				97,594	1,228
M-1A ₂	2279,537	20,857	109,296	1,228	88,989		
113	569,9255	20,857	27,326	1,228	22,247		
114	569,879	20,857	27,318	1,228	22,247		
115	569,8893	20,857	27,327	1,228	22,247		
116	569,8432	20,857	27,353	1,229	22,247		
M-2A ₂	1710,072	20,857	81,992	1,229	66,742		
117	639,1548	20,857	27,345	1,229	22,247		
118	640,0429	20,857	27,317	1,228	22,247		
119	674,9365	20,857	27,330	1,228	22,247		
2da B	5101,602	41,713				124,933	1,571
M-1B ₂	2934,888	20,857	140,718	1,581	88,989		
113	594,7356	20,857	28,516	1,282	22,247		
114	660,726	20,857	31,680	1,424	22,247		
115	834,9794	20,857	40,034	1,800	22,247		
116	844,4472	20,857	40,488	1,820	22,247		
M-2B ₂	2166,714	20,857	103,887	1,557	66,742		
117	641,4306	20,857	30,754	1,382	22,247		
118	887,7719	20,857	42,566	1,913	22,247		
119	637,5113	20,857	30,567	1,374	22,247		
TOTAL para la UBP						108,759	1,282

Tabla A1.24 Resultados de Q_a y V_a para el día 6 de marzo del 2016

TA No. SERIES	G_a m ³ /h	MR t/h	V_a m ³ /t	Q_a m ³ /(t min)	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m ³ /t	$Q_{a \text{ pond}}$ m ³ /(t min)
1ra A	4298,383	41,400				103,825	1,167
M-1A	2284,908	20,700	110,382	1,241	88,95741		
101	570,2482	20,700	27,548	1,239	22,239		
102	574,2477	20,700	27,741	1,247	22,239		
103	570,1157	20,700	27,542	1,238	22,239		
104	570,2967	20,700	27,551	1,239	22,239		
M-2A	2013,474	20,700	97,269	1,093	88,957		
105	569,8547	20,700	27,529	1,238	22,239		
106	570,5438	20,700	27,562	1,239	22,239		
107	570,1661	20,700	27,544	1,239	22,239		
108	302,9099	20,700	14,633	0,658	22,239		
1ra B	4544,062	41,400				109,760	1,234
M-1B	2263,335	20,700	109,340	1,229	88,957		
101	569,8016	20,700	27,527	1,238	22,239		
102	563,334	20,700	27,214	1,224	22,239		
103	560,9958	20,700	27,101	1,219	22,239		
104	569,2039	20,700	27,498	1,236	22,239		
M-2B	2280,727	20,700	110,180	1,239	88,957		
105	570,2848	20,700	27,550	1,239	22,239		
106	569,9902	20,700	27,536	1,238	22,239		
107	568,4374	20,700	27,461	1,235	22,239		
108	572,0142	20,700	27,633	1,243	22,239		
1ra C	4559,233	41,400				110,126	1,238
M-1C	2284,156	20,700	110,346	1,240	88,957		
101	569,6801	20,700	27,521	1,237	22,239		
102	573,8098	20,700	27,720	1,246	22,239		
103	570,4354	20,700	27,557	1,239	22,239		
104	570,2306	20,700	27,547	1,239	22,239		
M-2C	2275,077	20,700	109,907	1,236	88,957		
105	566,7171	20,700	27,378	1,231	22,239		
106	568,3458	20,700	27,456	1,235	22,239		
107	569,3422	20,700	27,504	1,237	22,239		
108	570,6717	20,700	27,569	1,240	22,239		
2da A	4204,016	41,400				102,792	1,326
M-1A ₂	2282,472	20,700	110,264	1,240	88,957		
113	570,5427	20,700	27,562	1,239	22,239		
114	570,5673	20,700	27,564	1,239	22,239		
115	570,5725	20,700	27,564	1,239	22,239		
116	570,7891	20,700	27,574	1,240	22,239		
M-2A ₂	1921,544	20,700	92,828	1,391	66,718		
117	640,6746	20,700	30,950	1,392	22,239		
118	640,096	20,700	30,922	1,390	22,239		
119	640,7733	20,700	30,955	1,392	22,239		
2da B	4423,825	41,400				115,281	1,365
M-1B ₂	2502,580	20,700	120,897	1,359	88,957		
113	628,7647	20,700	30,375	1,366	22,239		
114	570,1051	20,700	27,541	1,238	22,239		
115	570,1282	20,700	27,542	1,238	22,239		
116	733,5819	20,700	35,439	1,594	22,239		
M-2B ₂	1921,245	20,700	92,814	1,391	66,718		
117	640,6181	20,700	30,948	1,392	22,239		
118	640,1703	20,700	30,926	1,391	22,239		
119	640,4567	20,700	30,940	1,391	22,239		
TOTAL para la UBP						108,357	1,266

Tabla A1.25 Resultados de Q_a y V_a para el día 7 de marzo del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4306,304	42,215				102,009	1,148
M-1A	2285,129	21,108	108,261	1,218	88,870		
101	574,833	21,108	27,234	1,226	22,217		
102	570,146	21,108	27,012	1,216	22,217		
103	570,084	21,108	27,009	1,216	22,217		
104	570,0651	21,108	27,008	1,216	22,217		
M-2A	2021,175	21,108	95,756	1,077	88,870		
105	569,917	21,108	27,001	1,215	22,217		
106	570,574	21,108	27,032	1,217	22,217		
107	570,026	21,108	27,006	1,216	22,217		
108	310,658	21,108	14,718	0,662	22,217		
1ra B	4559,382	42,215				108,004	1,215
M-1B	2281,086	21,108	108,070	1,216	88,870		
101	570,390	21,108	27,023	1,216	22,217		
102	570,4781	21,108	27,027	1,216	22,217		
103	570,060	21,108	27,007	1,216	22,217		
104	570,158	21,108	27,012	1,216	22,217		
M-2B	2278,296	21,108	107,938	1,215	88,870		
105	568,3609	21,108	26,927	1,212	22,217		
106	569,9657	21,108	27,003	1,215	22,217		
107	570,0382	21,108	27,006	1,216	22,217		
108	569,9311	21,108	27,001	1,215	22,217		
1ra C	4560,332	42,215				108,026	1,216
M-1C	2279,983	21,108	108,018	1,215	88,870		
101	570,0903	21,108	27,009	1,216	22,217		
102	570,1953	21,108	27,014	1,216	22,217		
103	567,0627	21,108	26,865	1,209	22,217		
104	572,6343	21,108	27,129	1,221	22,217		
M-2C	2280,349	21,108	108,035	1,216	88,870		
105	570,0301	21,108	27,006	1,216	22,217		
106	570,7393	21,108	27,040	1,217	22,217		
107	569,9404	21,108	27,002	1,215	22,217		
108	569,6394	21,108	26,988	1,215	22,217		
2da A	4210,049	42,215				101,004	1,283
M-1A ₂	2293,458	21,108	108,656	1,223	88,870		
113	570,1943	21,108	27,014	1,216	22,217		
114	578,2804	21,108	27,397	1,233	22,217		
115	574,9718	21,108	27,240	1,226	22,217		
116	570,011	21,108	27,005	1,215	22,217		
M-2A ₂	1916,592	21,108	90,801	1,362	66,652		
117	639,5028	21,108	30,297	1,364	22,217		
118	636,5073	21,108	30,155	1,357	22,217		
119	640,5817	21,108	30,349	1,366	22,217		
2da B	4326,317	42,215				106,393	1,311
M-1B ₂	2410,754	21,108	114,213	1,285	88,870		
113	570,2235	21,108	27,015	1,216	22,217		
114	570,1088	21,108	27,010	1,216	22,217		
115	570,1704	21,108	27,013	1,216	22,217		
116	700,2515	21,108	33,175	1,493	22,217		
M-2B ₂	1915,563	21,108	90,753	1,362	66,652		
117	640,4029	21,108	30,340	1,366	22,217		
118	639,9728	21,108	30,320	1,365	22,217		
119	635,187	21,108	30,093	1,354	22,217		
TOTAL para la UBP						105,087	1,234

Tabla A1.26 Resultados de Q_a y V_a para el día 8 de marzo del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4180,009	39,863				104,859	1,152
M-1A	2280,883	19,932	114,436	1,257	91,050		
101	570,2835	19,932	28,612	1,257	22,762		
102	570,1463	19,932	28,605	1,257	22,762		
103	570,2636	19,932	28,611	1,257	22,762		
104	570,1893	19,932	28,607	1,257	22,762		
M-2A	1899,126	19,932	95,282	1,046	91,050		
105	585,8127	19,932	29,391	1,291	22,762		
106	586,2841	19,932	29,415	1,292	22,762		
107	550,4965	19,932	27,619	1,213	22,762		
108	176,5328	19,932	8,857	0,389	22,762		
1ra B	4562,144	39,863				114,445	1,257
M-1B	2280,880	19,932	114,436	1,257	91,050		
101	570,1289	19,932	28,604	1,257	22,762		
102	570,2694	19,932	28,611	1,257	22,762		
103	570,1744	19,932	28,607	1,257	22,762		
104	570,3071	19,932	28,613	1,257	22,762		
M-2B	2281,265	19,932	114,455	1,257	91,050		
105	570,1223	19,932	28,604	1,257	22,762		
106	570,2211	19,932	28,609	1,257	22,762		
107	570,0923	19,932	28,602	1,257	22,762		
108	570,8288	19,932	28,639	1,258	22,762		
1ra C	4562,167	39,863				114,446	1,257
M-1C	2280,916	19,932	114,437	1,257	91,050		
101	570,3678	19,932	28,616	1,257	22,762		
102	570,192	19,932	28,607	1,257	22,762		
103	570,1193	19,932	28,604	1,257	22,762		
104	570,2368	19,932	28,610	1,257	22,762		
M-2C	2281,251	19,932	114,454	1,257	91,050		
105	570,1692	19,932	28,606	1,257	22,762		
106	570,5665	19,932	28,626	1,258	22,762		
107	570,3079	19,932	28,613	1,257	22,762		
108	570,2071	19,932	28,608	1,257	22,762		
2da A	4202,453	39,863				106,712	1,323
M-1A ₂	2281,235	19,932	114,453	1,257	91,050		
113	570,0437	19,932	28,600	1,256	22,762		
114	570,2169	19,932	28,609	1,257	22,762		
115	570,5822	19,932	28,627	1,258	22,762		
116	570,3926	19,932	28,618	1,257	22,762		
M-2A ₂	1921,217	19,932	96,391	1,412	68,287		
117	640,5938	19,932	32,140	1,412	22,762		
118	640,5097	19,932	32,135	1,412	22,762		
119	640,1138	19,932	32,116	1,411	22,762		
2da B	4334,779	39,863				112,813	1,357
M-1B ₂	2410,860	19,932	120,957	1,328	91,050		
113	570,5179	19,932	28,624	1,258	22,762		
114	570,252	19,932	28,611	1,257	22,762		
115	570,1995	19,932	28,608	1,257	22,762		
116	699,8905	19,932	35,115	1,543	22,762		
M-2B ₂	1923,919	19,932	96,526	1,414	68,287		
117	640,4675	19,932	32,133	1,412	22,762		
118	640,0997	19,932	32,115	1,411	22,762		
119	643,3516	19,932	32,278	1,418	22,762		
TOTAL para la UBP						110,655	1,269

Tabla A1.27 Resultados de Q_a y V_a para el día 11 de marzo del 2016

TA No. SERIES	G_a m^3/h	MR t/h	V_a m^3/t	Q_a $m^3/(t \cdot min)$	TR Min	$V_{a \text{ pond}}$ m^3/t	$Q_{a \text{ pond}}$ $m^3/(t \cdot min)$
1ra A	4560,065	41,452				110,008	1,256
M-1A	2279,873	20,726	110,000	1,256	87,603		
101	569,797	20,726	27,492	1,255	21,901		
102	570,0874	20,726	27,506	1,256	21,901		
103	570,0261	20,726	27,503	1,256	21,901		
104	569,9621	20,726	27,500	1,256	21,901		
M-2A	2280,193	20,726	110,015	1,256	87,603		
105	569,8908	20,726	27,496	1,255	21,901		
106	570,4386	20,726	27,523	1,257	21,901		
107	569,9072	20,726	27,497	1,256	21,901		
108	569,956	20,726	27,499	1,256	21,901		
1ra B	4442,174	41,452				107,164	1,223
M-1B	2162,515	20,726	104,338	1,191	87,603		
101	569,901	20,726	27,497	1,256	21,901		
102	569,7903	20,726	27,491	1,255	21,901		
103	569,9801	20,726	27,501	1,256	21,901		
104	452,8433	20,726	21,849	0,998	21,901		
M-2B	2279,660	20,726	109,990	1,256	87,603		
105	569,8948	20,726	27,496	1,256	21,901		
106	569,9319	20,726	27,498	1,256	21,901		
107	569,944	20,726	27,499	1,256	21,901		
108	569,8891	20,726	27,496	1,255	21,901		
1ra C	4560,112	41,452				110,009	1,256
M-1C	2279,599	20,726	109,987	1,256	87,603		
101	569,8445	20,726	27,494	1,255	21,901		
102	569,8809	20,726	27,496	1,255	21,901		
103	569,9228	20,726	27,498	1,256	21,901		
104	569,9508	20,726	27,499	1,256	21,901		
M-2C	2280,513	20,726	110,031	1,256	87,603		
105	569,8771	20,726	27,496	1,255	21,901		
106	570,5841	20,726	27,530	1,257	21,901		
107	570,0766	20,726	27,505	1,256	21,901		
108	569,9748	20,726	27,500	1,256	21,901		
2da A	4200,101	41,452				102,569	1,322
M-1A ₂	2280,624	20,726	110,036	1,256	87,603		
113	570,0189	20,726	27,502	1,256	21,901		
114	569,9344	20,726	27,498	1,256	21,901		
115	570,726	20,726	27,537	1,257	21,901		
116	569,9449	20,726	27,499	1,256	21,901		
M-2A ₂	1919,477	20,726	92,612	1,410	65,702		
117	639,6267	20,726	30,861	1,409	21,901		
118	639,8824	20,726	30,873	1,410	21,901		
119	639,9679	20,726	30,877	1,410	21,901		
2da B	4591,956	41,452				111,561	1,445
M-1B ₂	2409,766	20,726	116,267	1,327	87,603		
113	569,9261	20,726	27,498	1,256	21,901		
114	570,0096	20,726	27,502	1,256	21,901		
115	569,9187	20,726	27,498	1,256	21,901		
116	699,9115	20,726	33,770	1,542	21,901		
M-2B ₂	2182,190	20,726	105,287	1,602	65,702		
117	639,8794	20,726	30,873	1,410	21,901		
118	902,4249	20,726	43,540	1,988	21,901		
119	639,8858	20,726	30,873	1,410	21,901		
TOTAL para la UBP						108,262	1,300

Tabla A1.28 Resultados de Q_a y V_a para el día 14 de marzo del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t-min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t-min)
1ra A	4708,278	42,021				112,046	1,303
M-1A	2428,933	21,010	115,606	1,344	86,006		
101	569,8854	21,010	27,124	1,261	21,501		
102	718,9876	21,010	34,221	1,592	21,501		
103	569,9777	21,010	27,128	1,262	21,501		
104	570,0827	21,010	27,133	1,262	21,501		
M-2A	2279,344	21,010	108,487	1,261	86,006		
105	569,9665	21,010	27,128	1,262	21,501		
106	569,4897	21,010	27,105	1,261	21,501		
107	569,9452	21,010	27,127	1,262	21,501		
108	569,9429	21,010	27,127	1,262	21,501		
1ra B	4582,838	42,021				109,061	1,268
M-1B	2303,753	21,010	109,648	1,275	86,006		
101	569,8255	21,010	27,121	1,261	21,501		
102	569,9619	21,010	27,128	1,262	21,501		
103	570,337	21,010	27,145	1,262	21,501		
104	593,6285	21,010	28,254	1,314	21,501		
M-2B	2279,085	21,010	108,474	1,261	86,006		
105	569,9296	21,010	27,126	1,262	21,501		
106	569,2784	21,010	27,095	1,260	21,501		
107	569,8767	21,010	27,124	1,261	21,501		
108	570,0003	21,010	27,129	1,262	21,501		
1ra C	4577,077	42,021				108,924	1,266
M-1C	2295,770	21,010	109,268	1,270	86,006		
101	569,8542	21,010	27,123	1,261	21,501		
102	570,0157	21,010	27,130	1,262	21,501		
103	585,921	21,010	27,887	1,297	21,501		
104	569,9796	21,010	27,128	1,262	21,501		
M-2C	2281,307	21,010	108,580	1,262	86,006		
105	569,9872	21,010	27,129	1,262	21,501		
106	570,5369	21,010	27,155	1,263	21,501		
107	570,7941	21,010	27,167	1,264	21,501		
108	569,9886	21,010	27,129	1,262	21,501		
2da A	4205,936	42,021				101,302	1,330
M-1A ₂	2280,985	21,010	108,565	1,262	86,006		
113	570,0794	21,010	27,133	1,262	21,501		
114	569,6704	21,010	27,114	1,261	21,501		
115	571,2271	21,010	27,188	1,264	21,501		
116	570,0085	21,010	27,130	1,262	21,501		
M-2A ₂	1924,951	21,010	91,619	1,420	64,504		
117	475,9274	21,010	22,652	1,054	21,501		
118	809,1471	21,010	38,512	1,791	21,501		
119	639,8762	21,010	30,455	1,416	21,501		
2da B	590,796	42,021				14,060	0,191
M-1B ₂	287,784	21,010	13,697	0,159	86,006		
113	0	21,010	0,000	0,000	21,501		
114	0	21,010	0,000	0,000	21,501		
115	146,5375	21,010	6,975	0,324	21,501		
116	141,2467	21,010	6,723	0,313	21,501		
M-2B ₂	303,012	21,010	14,422	0,224	64,504		
117	0	21,010	0,000	0,000	21,501		
118	143,167	21,010	6,814	0,317	21,501		
119	159,8447	21,010	7,608	0,354	21,501		
TOTAL para la UBP						89,079	1,072

Tabla A1.29 Resultados de Q_a y V_a para el día 17 de marzo del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m^3/h	t/h	m^3/t	$m^3/(t \cdot \text{min})$	Min	m^3/t	$m^3/(t \cdot \text{min})$
1ra A	4559,444	41,755				109,194	1,244
M-1 ^a	2279,834	20,878	109,200	1,244	87,809		
101	569,9727	20,878	27,301	1,244	21,952		
102	569,8407	20,878	27,294	1,243	21,952		
103	570,0179	20,878	27,303	1,244	21,952		
104	570,003	20,878	27,302	1,244	21,952		
M-2 ^a	2279,609	20,878	109,189	1,243	87,809		
105	569,7851	20,878	27,292	1,243	21,952		
106	570,1948	20,878	27,311	1,244	21,952		
107	569,6878	20,878	27,287	1,243	21,952		
108	569,9416	20,878	27,299	1,244	21,952		
1ra B	4483,315	41,755				107,371	1,223
M-1B	2203,549	20,878	105,546	1,202	87,809		
101	569,7382	20,878	27,289	1,243	21,952		
102	569,8769	20,878	27,296	1,243	21,952		
103	569,9964	20,878	27,302	1,244	21,952		
104	493,9378	20,878	23,659	1,078	21,952		
M-2B	2279,766	20,878	109,196	1,244	87,809		
105	569,8743	20,878	27,296	1,243	21,952		
106	569,9675	20,878	27,300	1,244	21,952		
107	569,9492	20,878	27,299	1,244	21,952		
108	569,9746	20,878	27,301	1,244	21,952		
1ra C	4560,010	41,755				109,208	1,244
M-1C	2280,303	20,878	109,222	1,244	87,809		
101	570,1705	20,878	27,310	1,244	21,952		
102	570,2104	20,878	27,312	1,244	21,952		
103	569,9583	20,878	27,300	1,244	21,952		
104	569,9637	20,878	27,300	1,244	21,952		
M-2C	2279,707	20,878	109,193	1,244	87,809		
105	569,918	20,878	27,298	1,244	21,952		
106	569,6416	20,878	27,285	1,243	21,952		
107	569,9232	20,878	27,298	1,244	21,952		
108	570,2241	20,878	27,313	1,244	21,952		
2da A	4167,582	41,755				100,966	1,299
M-1A ₂	2252,748	20,878	107,902	1,229	87,809		
113	570,0183	20,878	27,303	1,244	21,952		
114	542,4575	20,878	25,983	1,184	21,952		
115	570,2977	20,878	27,316	1,244	21,952		
116	569,9748	20,878	27,301	1,244	21,952		
M-2A ₂	1914,834	20,878	91,717	1,393			
117	615,3331	20,878	29,473	1,343	21,952		
118	659,5624	20,878	31,592	1,439	21,952		
119	639,9384	20,878	30,652	1,396	21,952		
2da B	474,551	41,755				11,365	0,146
M-1B ₂	288,334	20,878	13,811	0,157	87,809		
113	0	20,878	0,000	0,000	21,952		
114	0	20,878	0,000	0,000	21,952		
115	147,0555	20,878	7,044	0,321	21,952		
116	141,278	20,878	6,767	0,308	21,952		
M-2B ₂	186,218	20,878	8,919	0,135	65,857		
117	0	20,878	0,000	0,000	21,952		
118	143,2417	20,878	6,861	0,313	21,952		
119	42,97604	20,878	2,058	0,094	21,952		
TOTAL para la UBP							

Tabla A1.30 Resultados de Q_a y V_a para el día 20 de marzo del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4560,462	41,954				108,701	1,241
M-1A	2280,523	20,977	108,715	1,241	87,602		
101	569,8369	20,977	27,165	1,240	21,901		
102	569,8344	20,977	27,165	1,240	21,901		
103	570,8344	20,977	27,212	1,243	21,901		
104	570,0176	20,977	27,173	1,241	21,901		
M-2A	2279,939	20,977	108,687	1,241	87,602		
105	569,9768	20,977	27,171	1,241	21,901		
106	570,0608	20,977	27,175	1,241	21,901		
107	569,9563	20,977	27,170	1,241	21,901		
108	569,9452	20,977	27,170	1,241	21,901		
1ra B	4632,430	41,954				110,416	1,260
M-1B	2352,516	20,977	112,147	1,280	87,602		
101	627,4882	20,977	29,913	1,366	21,901		
102	569,9879	20,977	27,172	1,241	21,901		
103	570,0365	20,977	27,174	1,241	21,901		
104	585,003	20,977	27,888	1,273	21,901		
M-2B	2279,915	20,977	108,686	1,241	87,602		
105	570,086	20,977	27,177	1,241	21,901		
106	569,9443	20,977	27,170	1,241	21,901		
107	569,968	20,977	27,171	1,241	21,901		
108	569,9163	20,977	27,168	1,241	21,901		
1ra C	4566,198	41,954				108,838	1,242
M-1C	2280,152	20,977	108,697	1,241	87,602		
101	570,0772	20,977	27,176	1,241	21,901		
102	570,1571	20,977	27,180	1,241	21,901		
103	569,9757	20,977	27,171	1,241	21,901		
104	569,942	20,977	27,170	1,241	21,901		
M-2C	2286,046	20,977	108,978	1,244	87,602		
105	569,9469	20,977	27,170	1,241	21,901		
106	569,7946	20,977	27,163	1,240	21,901		
107	569,8296	20,977	27,164	1,240	21,901		
108	576,475	20,977	27,481	1,255	21,901		
2da A	4127,092	41,954				99,861	1,283
M-1A ₂	2282,297	20,977	108,799	1,242	87,602		
113	569,8926	20,977	27,167	1,240	21,901		
114	569,979	20,977	27,171	1,241	21,901		
115	572,4424	20,977	27,289	1,246	21,901		
116	569,983	20,977	27,172	1,241	21,901		
M-2A ₂	1844,795	20,977	87,943	1,339	65,702		
117	577,1983	20,977	27,516	1,256	21,901		
118	635,9331	20,977	30,316	1,384	21,901		
119	631,6638	20,977	30,112	1,375	21,901		
2da B	433,546	41,954				11,518	0,140
M-1B ₂	291,269	20,977	13,885	0,159	87,602		
113	0	20,977	0,000	0,000	21,901		
114	0	20,977	0,000	0,000	21,901		
115	148,3362	20,977	7,071	0,323	21,901		
116	142,9326	20,977	6,814	0,311	21,901		
M-2B ₂	142,277	20,977	6,783	0,103	65,702		
117	0	20,977	0,000	0,000	21,901		
118	142,2774	20,977	6,783	0,310	21,901		
119	0	20,977	0,000	0,000	21,901		
TOTAL para la UBP						87,867	1,033

Tabla A1.31 Resultados de Q_a y V_a para el día 21 de marzo del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4561,129	42,061				108,441	1,239
M-1A	2281,832	21,030	108,502	1,240	87,518		
101	569,7145	21,030	27,090	1,238	21,879		
102	569,7058	21,030	27,090	1,238	21,879		
103	570,7058	21,030	27,137	1,240	21,879		
104	571,7058	21,030	27,185	1,242	21,879		
M-2A	2279,297	21,030	108,381	1,238	87,518		
105	569,8701	21,030	27,097	1,238	21,879		
106	569,6868	21,030	27,089	1,238	21,879		
107	569,8284	21,030	27,095	1,238	21,879		
108	569,9117	21,030	27,099	1,239	21,879		
1ra B	4571,698	42,061				108,693	1,242
M-1B	2292,423	21,030	109,005	1,246	87,518		
101	569,7145	21,030	27,090	1,238	21,879		
102	570,3809	21,030	27,122	1,240	21,879		
103	569,8996	21,030	27,099	1,239	21,879		
104	582,4276	21,030	27,695	1,266	21,879		
M-2B	2279,275	21,030	108,380	1,238	87,518		
105	569,8869	21,030	27,098	1,239	21,879		
106	569,8091	21,030	27,095	1,238	21,879		
107	569,8901	21,030	27,098	1,239	21,879		
108	569,6894	21,030	27,089	1,238	21,879		
1ra C	4592,076	42,061				109,177	1,247
M-1C	2313,508	21,030	110,008	1,257	87,518		
101	570,0917	21,030	27,108	1,239	21,879		
102	570,0706	21,030	27,107	1,239	21,879		
103	603,4177	21,030	28,693	1,311	21,879		
104	569,9282	21,030	27,100	1,239	21,879		
M-2C	2278,568	21,030	108,346	1,238	87,518		
105	569,8872	21,030	27,098	1,239	21,879		
106	569,157	21,030	27,064	1,237	21,879		
107	569,6042	21,030	27,085	1,238	21,879		
108	569,9195	21,030	27,100	1,239	21,879		
2da A	4262,964	42,061				102,373	1,324
M-1A ₂	2281,786	21,030	108,499	1,240	87,518		
113	569,9815	21,030	27,103	1,239	21,879		
114	569,933	21,030	27,100	1,239	21,879		
115	572,0673	21,030	27,202	1,243	21,879		
116	569,8044	21,030	27,094	1,238	21,879		
M-2A ₂	1981,178	21,030	94,205	1,435	65,638		
117	662,1408	21,030	31,485	1,439	21,879		
118	679,1689	21,030	32,295	1,476	21,879		
119	639,8684	21,030	30,426	1,391	21,879		
2da B	432,584	42,061				11,462	0,140
M-1B ₂	290,541	21,030	13,815	0,158	87,518		
113	0	21,030	0,000	0,000	21,879		
114	0	21,030	0,000	0,000	21,879		
115	147,9435	21,030	7,035	0,322	21,879		
116	142,5977	21,030	6,781	0,310	21,879		
M-2B ₂	142,042	21,030	6,754	0,103	65,638		
117	0	21,030	0,000	0,000	21,879		
118	142,0424	21,030	6,754	0,309	21,879		
119	0	21,030	0,000	0,000	21,879		
TOTAL para la UBP						88,029	1,038

Tabla A1.32 Resultados de Q_a y V_a para el día 29 de marzo del 2016

TA No.	TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a\ pond}$
SERIES	SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t
1ra A	4548,954	40,618				111,995	1,266
M-1A	2268,949	20,309	111,722	1,263	88,473		
101	569,8587	20,309	28,060	1,269	22,118		
102	558,8225	20,309	27,516	1,244	22,118		
103	569,9563	20,309	28,064	1,269	22,118		
104	570,3119	20,309	28,082	1,270	22,118		
M-2A	2280,005	20,309	112,267	1,269	88,473		
105	569,5814	20,309	28,046	1,268	22,118		
106	570,316	20,309	28,082	1,270	22,118		
107	569,9229	20,309	28,063	1,269	22,118		
108	570,1846	20,309	28,076	1,269	22,118		
1ra B	4718,726	40,618				116,174	1,313
M-1B	2440,287	20,309	120,159	1,358	88,473		
101	668,2543	20,309	32,905	1,488	22,118		
102	569,9491	20,309	28,064	1,269	22,118		
103	569,9908	20,309	28,066	1,269	22,118		
104	632,0932	20,309	31,124	1,407	22,118		
M-2B	2278,439	20,309	112,190	1,268	88,473		
105	568,8188	20,309	28,008	1,266	22,118		
106	569,9193	20,309	28,063	1,269	22,118		
107	569,906	20,309	28,062	1,269	22,118		
108	569,7946	20,309	28,057	1,268	22,118		
1ra C	4559,706	40,618				112,259	1,269
M-1C	2279,935	20,309	112,263	1,269	88,473		
101	569,7993	20,309	28,057	1,268	22,118		
102	570,1589	20,309	28,074	1,269	22,118		
103	570,0786	20,309	28,071	1,269	22,118		
104	569,8977	20,309	28,062	1,269	22,118		
M-2C	2279,772	20,309	112,255	1,269	88,473		
105	570,0505	20,309	28,069	1,269	22,118		
106	570,1454	20,309	28,074	1,269	22,118		
107	569,6531	20,309	28,050	1,268	22,118		
108	569,9227	20,309	28,063	1,269	22,118		
2da A	4167,292	40,618				103,979	1,325
M-1A ₂	2279,888	20,309	112,261	1,269	88,473		
113	569,8307	20,309	28,058	1,269	22,118		
114	569,9854	20,309	28,066	1,269	22,118		
115	570,1232	20,309	28,073	1,269	22,118		
116	569,9486	20,309	28,064	1,269	22,118		
M-2A ₂	1887,404	20,309	92,935	1,401	66,354		
117	626,2407	20,309	30,836	1,394	22,118		
118	621,2643	20,309	30,591	1,383	22,118		
119	639,8988	20,309	31,508	1,425	22,118		
2da B	1,434	40,618				0,071	0,001
M-1B ₂	0,000	20,309	0,000	0,000	88,473		
113	0	20,309	0,000	0,000	22,118		
114	0	20,309	0,000	0,000	22,118		
115	0	20,309	0,000	0,000	22,118		
116	0	20,309	0,000	0,000	22,118		
M-2B ₂	1,434	20,309	0,071	0,001	66,354		
117	0	20,309	0,000	0,000	22,118		
118	0	20,309	0,000	0,000	22,118		
119	1,433819	20,309	0,071	0,003	22,118		
TOTAL para la UBP						88,896	1,035

Tabla A1.33 Resultados de Q_a y V_a para el día 31 de marzo del 2016

TA No.	G_a	MR	V_a	Q_a	TR	$V_{a \text{ pond}}$	$Q_{a \text{ pond}}$
SERIES	m ³ /h	t/h	m ³ /t	m ³ /(t·min)	Min	m ³ /t	m ³ /(t·min)
1ra A	4403,030	42,333				104,009	1,191
M-1A	2123,231	21,166	100,311	1,149	87,296		
101	570,6817	21,166	26,962	1,235	21,824		
102	410,4786	21,166	19,393	0,889	21,824		
103	571,9874	21,166	27,023	1,238	21,824		
104	570,083	21,166	26,933	1,234	21,824		
M-2A	2279,800	21,166	107,708	1,234	87,296		
105	569,9694	21,166	26,928	1,234	21,824		
106	569,8991	21,166	26,925	1,234	21,824		
107	569,9562	21,166	26,927	1,234	21,824		
108	569,975	21,166	26,928	1,234	21,824		
1ra B	4675,758	42,333				110,452	1,265
M-1B	2407,524	21,166	113,742	1,303	87,296		
101	697,1781	21,166	32,938	1,509	21,824		
102	569,9634	21,166	26,928	1,234	21,824		
103	570,0992	21,166	26,934	1,234	21,824		
104	570,283	21,166	26,943	1,235	21,824		
M-2B	2268,235	21,166	107,162	1,228	87,296		
105	560,5429	21,166	26,483	1,213	21,824		
106	570,571	21,166	26,956	1,235	21,824		
107	570,0067	21,166	26,930	1,234	21,824		
108	567,1141	21,166	26,793	1,228	21,824		
1ra C	4559,003	42,333				107,694	1,234
M-1C	2276,464	21,166	107,550	1,232	87,296		
101	566,4832	21,166	26,763	1,226	21,824		
102	570,131	21,166	26,936	1,234	21,824		
103	569,9962	21,166	26,929	1,234	21,824		
104	569,8533	21,166	26,922	1,234	21,824		
M-2C	2282,539	21,166	107,837	1,235	87,296		
105	573,4672	21,166	27,093	1,241	21,824		
106	569,259	21,166	26,894	1,232	21,824		
107	569,836	21,166	26,922	1,234	21,824		
108	569,9767	21,166	26,928	1,234	21,824		
2da A	4173,095	42,333				99,883	1,291
M-1A ₂	2279,927	21,166	107,714	1,234	87,296		
113	569,9571	21,166	26,927	1,234	21,824		
114	569,9919	21,166	26,929	1,234	21,824		
115	569,9568	21,166	26,927	1,234	21,824		
116	570,0214	21,166	26,930	1,234	21,824		
M-2A ₂	1893,168	21,166	89,442	1,366	65,472		
117	647,7771	21,166	30,604	1,402	21,824		
118	710,1171	21,166	33,549	1,537	21,824		
119	535,2738	21,166	25,289	1,159	21,824		
2da B	2734,306	42,333				65,093	0,846
M-1B ₂	1441,589	21,166	68,107	0,780	87,296		
113	424,082	21,166	20,036	0,918	21,824		
114	358,3845	21,166	16,932	0,776	21,824		
115	286,1909	21,166	13,521	0,620	21,824		
116	372,9311	21,166	17,619	0,807	21,824		
M-2B ₂	1292,717	21,166	61,074	0,933	65,472		
117	544,591	21,166	25,729	1,179	21,824		
118	293,6552	21,166	13,874	0,636	21,824		
119	454,471	21,166	21,471	0,984	21,824		
TOTAL para la UBP						97,426	1,165

Tabla A1.34 MA de los tres meses de prueba

ENERO		FEBRERO		MARZO	
FECHA	MA,t/h	FECHA	MA,t/h	FECHA	MA,t/h
01-01-2016	290	02-02-2016	269	05-03-2016	276
02-01-2016	292	03-02-2016	274	06-03-2016	274
04-01-2016	284	04-02-2016	274	07-03-2016	279
05-01-2016	283	05-02-2016	274	08-03-2016	264
08-01-2016	266	06-02-2016	272	11-03-2016	274
10-01-2016	285	07-02-2016	281	14-03-2016	278
11-01-2016	288	22-02-2016	290	17-03-2016	276
14-01-2016	285	24-02-2016	274	20-03-2016	277
15-01-2016	281	25-02-2016	285	21-03-2016	278
18-01-2016	290	28-02-2016	292	29-03-2016	269
30-01-2016	279	29-02-2016	274	31-03-2016	280

Tabla A1.35 Q_{licor} en los tres meses de prueba

ENERO		FEBRERO		MARZO	
FECHA	$Q_{licor},m^3/h$	FECHA	$Q_{licor},m^3/h$	FECHA	$Q_{licor},m^3/h$
01-01-2016	1414	02-02-2016	1411	05-03-2016	1409
02-01-2016	1425	03-02-2016	1320	06-03-2016	1410
04-01-2016	1416	04-02-2016	1435	07-03-2016	1406
05-01-2016	1419	05-02-2016	1369	08-03-2016	1383
08-01-2016	1396	06-02-2016	1446	11-03-2016	1425
10-01-2016	1447	07-02-2016	1437	14-03-2016	1454
11-01-2016	1443	22-02-2016	1333	17-03-2016	1422
14-01-2016	1368	24-02-2016	1463	20-03-2016	1436
15-01-2016	1421	25-02-2016	1378	21-03-2016	1428
18-01-2016	1404	28-02-2016	1468	29-03-2016	1422
30-01-2016	1354	29-02-2016	1469	31-03-2016	1428

Tabla A1.36 Composición del MA a la PHR en los tres meses

		ENERO				
	COMPOSICION DEL MA A LA PHR %					
FECHA	Ni	Fe	Co	SiO ₂	MgO	
01-01-2016	1,10	36,70	0,08	11,12	4,87	
02-01-2016	1,05	38,65	0,09	10,47	10,47	
04-01-2016	1,12	37,70	0,09	12,61	5,51	
05-01-2016	1,10	39,65	0,09	11,23	4,41	
08-01-2016	1,10	40,65	0,11	11,20	11,20	
10-01-2016	1,07	38,85	0,09	11,27	11,27	
11-01-2016	1,08	40,50	0,10	12,09	12,09	
14-01-2016	1,05	39,90	0,10	12,06	12,06	
15-01-2016	0,99	38,70	0,10	11,34	11,34	
18-01-2016	1,11	38,95	0,10	10,45	10,45	
30-01-2016	1,03	37,95	0,10	12,92	12,92	
		FEBRERO				
FECHA	Ni	Fe	Co	SiO2	MgO	
02-02-2016	0,99	42,20	0,10	12,42	5,55	
03-02-2016	1,08	40,95	0,12	11,19	4,15	
04-02-2016	1,09	42,35	0,12	11,49	4,61	
05-02-2016	1,16	42,70	0,10	13,37	5,44	
06-02-2016	1,10	43,40	0,10	15,72	7,51	
07-02-2016	1,11	44,00	0,11	14,40	6,55	
22-02-2016	1,02	44,35	0,10	6,52	2,48	
24-02-2016	0,97	40,90	0,09	6,55	2,59	
25-02-2016	1,02	41,60	0,10	7,00	3,01	
28-02-2016	1,20	41,15	0,11	6,10	2,12	
29-02-2016	1,11	43,70	0,11	5,57	1,89	
		MARZO				
FECHA	Ni	Fe	Co	SiO ₂	MgO	
05-03-2016	1,16	42,70	0,10	7,45	7,45	
06-03-2016	1,10	43,40	0,10	6,69	6,69	
07-03-2016	1,11	44,00	0,11	6,50	2,63	
08-03-2016	1,04	45,10	0,11	5,55	2,21	
11-03-2016	1,12	41,65	0,11	7,54	3,57	
14-03-2016	1,22	40,00	0,10	9,54	5,19	
17-03-2016	1,15	37,85	0,10	10,86	5,66	
20-03-2016	1,02	45,60	0,10	4,74	1,69	
21-03-2016	1,00	45,10	0,12	5,45	2,10	
29-03-2016	1,11	43,70	0,11	6,12	2,19	
31-03-2016	1,21	40,95	0,11	9,00	3,51	

Anexo 2 Reportes de la CHENET y datos del CITECT de la empresa.

Tabla A2.1 Reporte de portada de la planta de lixiviación para el 1 de enero del 2016



PLANTA DE LIXIVIACIÓN Y LAVADO



Reporte de Portada

Fecha 02-06-2016 10:24
:

Día 03-01-2016
Productivo:

Reporte Emitido Yuriannis Labrada Peña
por:

Reporte Revisado ---
por:

Indicador	U/M	Turno 1	Turno 2	Día	Fecha
Licor Producto Bombeado	m ³ /h	210,7	229,3	220	217,5
Ni Lixiviado	%	75,423	72,818	74,121	74,379
Ni Lixiviado y Lavado	%	74,428	71,644	73,036	73,273
Ni Bombeado a Cobalto	tn	23,767	26,415	50,182	146,377
Ni Retorno de 1ra. etapa	tn	0	0	0	0
Ni Real Bombeado a	tn	23,767	26,415	50,182	146,377
Co Bombeado a Cobalto	tn	0,949	1,106	2,06	5,72
Co Retorno de 1ra. etapa	tn	0	0	0	0
Co Real Bombeado a	tn	0,949	1,106	2,06	5,72
Ni y Co Real Bombeado a	tn	24,716	27,521	52,242	152,097
Ni a Solución	tn	25,375	24,56	49,935	145,75
Co Lixiviado	%	40,847	32,366	36,607	37,03
Co Lixiviado y Lavado	%	38,705	28,85	33,778	34,362
L-1 Ni	g/l	9,4	9,6	9,504	9,347
L-1 Co	g/l	0,376	0,402	0,389	0,365
L-1 NH3	g/l	77,969	78,569	78,281	78,186
L-1 CO2	g/l	52,728	55,409	54,126	54,402
L-1 NH3/CO2	-	1479	1418	1446	1437
L-8 Ni	g/l	0,158	0,18	0,169	0,17
L-8 NH3	g/l	44,532	54,228	49,38	51421
L-8 Co	g/l	0,029	0,044	0,037	0,035
L-9 Ni	%	0,29	0,305	0,298	0,302
L-9 Fe	%	44,35	43,225	43,787	43,675
L-9 Co	%	0,059	0,061	0,06	0,061

Tabla A2.2 Reporte de portada de la PHR del día 1 de enero del 2016, de donde se tomó la composición química del MA.



LABORATORIO QUÍMICO CENTRAL
Reporte de Hornos de Reducción por Ciclos.



Empresa ECG

Fecha 02-06-2016 10:30	Día Productivo	Día 01-01-2016
Reporte Emitido Yuriannis Labrada Peña	Reporte Revisado	---

Primer Turno

Muestra	% Ni	% Fe	% Co	SiO ₂	MgO	+ 100	+ 200	- 200	S	C
HR-1.1	1050	38,5	0,089	11,285	4,58	7,31	6,83	86,06	0,242	2,533
HR-1.2	1050	38,8	0,089	10,945	5,16	6,45	6,735	86,815	0,253	2,582
HR-1.3	0,000	0	0	10,615	4,615	0	0	0	0	0

Muestra	% Ni	% Fe	% Co	%Ext Ni	%Ext Co
HR-4 A	0,000	0	0	0,000	0,000
HR-4 B	0,300	42,95	0,046	74,189	53,555
HR-4 C	0,285	43,9	0,04	76,196	60,585

Muestra	H ₂ O	Muestra	Densidad g/cm ³
HR-2.1	2,91	HR-9	
HR-2.2	2,8		
HR-2.3	2,8		

Muestra	SiO ₂	MgO
HR-1	10,948	4,782

Tabla A2.3 Reporte del Laboratorio Central del día 1 de enero del 2016, de la muestra L-1.



LABORATORIO QUÍMICO CENTRAL
Reporte de Perfil de Lixiviación y Lavado.



Empresa ECG

Fecha 02-06-2016 10:32	Día Productivo	Día 01-01-2016
Reporte Emitido	Yuriannis Labrada Peña	Reporte Revisado Salvador Martínez Tabera

Muestra	Ni (g/L)	Co (g/L)	NH3 (g/L)	CO2 (g/L)	NH3/CO2
PFL. L-1A	0	0	0	0	
PFL. L-1B	9,61	0,357	79,968	56,303	1,420
PFL. L-1C	0	0	0	0	
PFL. L-2A	0	0	0	0	
PFL. L-2B	9,68	0,349	80,168	55,409	1,447
PFL. L-2C	4,752	0,23	86,565	56,303	1,537
PFL. L-3A	2,534	0,18	90,364	59,878	1,509
PFL. L-3B	2,112	0,211	82,167	55,409	1,483
PFL. L-3C	4,717	0,243	86,565	56,303	1,537
PFL. L-19 A	136	0,14	91,963	62,559	1,470
PFL. L-19 B	0	0	0	0	
PFL. L-20 A	125	0,129	91,164	61,665	1,478
PFL. L-20 B	0,58	0,127	93,563	62,559	1,496
PFL. L-21 A	0	0	0	0	
PFL. L-21 B	0,8	0,096	92,563	63,453	1,459
PFL. L-22 A	0,29	0,047	91,763	61,665	1,488
PFL. L-22 B	0,4	0,07	94,162	65,24	1,443
PFL. L-23 A	0,14	0,023	53,379	31,28	1,706
PFL. L-23 B	0,2	0,034	51,379	30,386	1,691
PFL. TK-235	5,174	0,207	84,166	55,409	1,519

Tabla A2.4 Reporte de portada de la PHR del día 1 de enero del 2016



PLANTA HORNOS DE REDUCCIÓN



Reporte de Portada

Empresa ECG

Fecha	08-06-2016	Día	01-01-2016
Reporte Solicitado por	Pedro Luis Merencio Guevara	Reporte Revisado por	Javier Rodriguez Dominguez

Indicador	U/M	Turno 1	Turno 2	Día	Mes
Mineral Seco Neto Alimentado	t	3154,702	3133,428	6288,13	6288,13
Índice Min Neto/Ni+Co a QT	t/t	115,592	119,805	117,6985	117,654
Productividad Bruta	t/h	291,266	288,948	290,107	290,107
No. de Hornos Efectivos	u	16	15,978	15,989	15,989
Prod Bruta/Hornos Efect	t/h/horno	18,204	18,154	18,179	18,179
Eficiencia Operativa(CPTE)	%	100	99,865	99,9325	99,932
Eficiencia Operativa(CCI)	%	66,667	66,576	66,6215	66,622
Ni Extractable	%	75,218	73,036	74,127	74,124
Co Extractable	%	57,167	40,702	48,935	49,136
Ni Extractable a Lixiviación	t	25,644	25,037	50,682	50,682
Co Extractable a Lixiviación	t	1647	1117	2,764	2,764
Ni+Co Extractable a	t	27,292	26,154	53,446	53,446
HR-1: Petróleo Aditivo	%	2,866	2,694	2,78	2,78
Ni	%	1081	1095	1088	1088
Co	%	0,091	0,088	0,0895	0,09
Fe	%	39,786	40,688	40,237	40,236
SiO2	%	11447	11269	11358	11358
MgO	%	5,001	4,553	4,777	4,778
H2O	%	2,837	145	2,61	2,61
+100	%	6,891	7,066	6,9785	6,978
+200	%	6,681	6,423	6,552	6,552
-200	%	86,428	86,511	86,4695	86,469
Petróleo Cámara	t	164,606	163,428	328,034	328,034
Petróleo Aditivo	t	78,163	90,272	168,435	168,435
Petróleo Total	t	242,769	253,7	496,469	496,469
Índice Petróleo Cámara	kg/t	52,178	52,156	52,17	52,167
Índice Petróleo Aditivo	kg/t	24,777	28,809	26,79	26,786
Índice Total	kg/t	76,955	80,966	78,96	78,953
Índice Pet Cámara/Ni+Co a QT	t/t	6,031	6,249	6,138	6,138
Índice Pet Aditivo/Ni+Co a QT	t/t	2,864	3,452	3,151	3,151
Índice Petróleo/Ni+Co a QT	t/t	8,895	9,701	9,289	9,289
Inventario M in Silos	t	4948	4713	4713	
Inventario M in Tolvas	t	1985	2039	2039	

Tabla A2.5 Ga del día 1 de enero del 2016 de la Serie 1ra A tomados del CITECT cada 10 minutos, su promedio y desviación estándar

Horas	TA 101	TA 102	TA 103	TA 104	TA 105	TA 106	TA 107	TA 108
7:00	568,0716	567,9831	569,3333	567,459	568,1445	568,7259	569,5736	569,8867
7:10	556,864	570,5195	569,2415	568,5892	573,112	568,155	567,0189	568,8008
7:20	581,5768	572,0039	569,7695	571,5085	574,2272	568,6328	569,5612	568,5964
7:30	573,0736	563,9089	570,0957	568,3229	564,7761	568,8268	570,5664	569,0059
7:40	556,5358	574,179	570,4446	572,4466	575,6875	569,7239	570,5273	571,929
7:50	563,4512	567,0612	570,9375	570,1335	566,39	573,7402	568,3184	567,2044
8:00	581,8854	565,929	567,9466	568,8809	565,9909	574,6472	571,6582	572,9609
8:10	560,8489	571,2337	569,9316	569,3535	567,9265	574,8099	568,5866	568,614
8:20	570,0267	564,5554	570,3933	569,1204	572,7031	573,1777	564,0859	572,6406
8:30	568,4785	570,5547	566,1608	567,1484	565,3568	562,2435	568,6888	565,638
8:40	567,4876	572,2956	567,8125	563,9466	569,0163	550,2259	567,7852	570,9922
8:50	578,0111	567,1726	572,2116	572,5111	573,7878	572,6419	577,6797	572,8379
9:00	565,8633	573,7233	571,8718	569,6484	574,0293	583,9238	571,1472	571,4857
9:10	568,1042	570,9356	572,2611	571,1901	563,5183	579,1081	569,9974	569,1745
9:20	570,2207	578,9844	567,3887	572,2839	573,6653	570,6009	570,054	570,7337
9:30	573,1966	568,2487	572,4121	572,1302	568,668	565,6159	571,2266	570,2532
9:40	578,4186	564,6061	568,8652	571,3196	562,7474	568,7155	570,7448	569,9772
9:50	554,9551	575,1204	566,8138	571,2507	569,8874	556,1198	566,3659	569,3353
10:00	584,3066	568,9792	569,2923	567,1172	570,4102	562,3945	569,737	570,2441
10:10	560,0664	568,6028	571,5853	572,7832	571,6282	571,6673	571,4941	569,737
10:20	568,1849	571,3353	570,0319	570,9212	566,0736	577,9362	569,2018	569,9805
10:30	565,8516	564,8047	566,0599	569,0358	568,3867	567,9863	568,8542	566,8978
10:40	571,9805	573,6231	569,8151	568,5527	572,4948	555,47	569,0449	574,513
10:50	580,2103	568,4954	572,3093	569,6309	567,7005	580,1673	572,5117	571,4199
11:00	574,3464	567,5768	573,5964	568,2474	570,7383	586,2819	570,0573	571,0098
11:10	573,3978	566,6035	566,6159	567,1282	569,0026	572,0332	570,8503	568,918
11:20	568,4863	569,7689	572,7832	573,0579	570,2611	567,14	567,944	568,013
11:30	556,2168	576,2526	566,3919	567,2142	575,7409	559,3919	571,097	569,9629
11:40	563,9453	562,6081	565,2227	569,22	565,4948	549,2891	566,054	571,6165
11:50	564,7728	566,7376	570,2175	568,9518	573,502	562,4974	570,2897	564,957
12:00	560,1191	571,8509	565,7852	572,347	566,3106	557,1113	569,6374	568,1491
12:10	571,6081	572,9492	568,4785	569,5176	567,9883	567,196	566,2571	566,8288
12:20	582,3685	566,4258	570,4597	574,847	573,9622	581,9382	572,541	571,3118
12:30	565,4434	567,4277	569,2253	570,584	567,8268	575,209	570,9824	575,2214
12:40	572,3561	570,0684	568,097	568,9284	563,7969	550,5612	567,5456	568,2663
12:50	548,9681	567,737	568,0983	567,2487	574,6582	560,9473	568,6979	569,6614
13:00	579,8021	577,4844	569,9141	574	568,5625	568,5996	568,3757	565,2083
13:10	582,9759	568,9688	574,6419	568,9837	574,3464	579,069	571,9961	572,806
13:20	552,1726	570,6433	571,4831	570,7864	564,3516	582,7396	568,7702	574,5925
13:30	582,4583	563,8464	569,1257	568,0781	576,7481	571,5026	571,6061	570,3288
13:40	574,987	573,0059	570,3991	567,9199	567,8893	575,7761	571,3229	573,1693
13:50	569,7357	574,8613	568,4173	568,3731	573,6706	571,5931	568,3926	568,8054
14:00	556,7207	563,9427	569,7155	570,8933	564,8027	568,6719	570,6224	573,2376
14:10	562,9375	565,0716	567,5989	566,5183	566,1973	543,8633	568,1445	567,4297
14:20	578,3425	568,3425	574,0638	573,9479	573,5866	574,0762	569,8405	569,377
14:30	576,8542	575,1816	571,4577	575,4304	576,3821	596,3054	574,5026	576,694
14:40	572,7058	565,3913	575,4831	572,7311	572,2956	580,321	572,5847	569,6439
14:50	572,3743	577,8405	566,6282	571,2845	573,584	562,2695	567,472	567,9727

Continuación de la tabla A2.5

Horas	TA 101	TA 102	TA 103	TA 104	TA 105	A 106	TA 107	TA 108
15:00	563,1693	567,0013	568,2656	558,5515	563,0931	540,5104	567,168	567,7305
15:10	574,6257	566,7031	570,3438	579,3652	570,7344	579,3691	571,1816	571,5905
15:20	571,9883	571,5989	573,7611	568,9675	573,9987	596,4518	572,5378	567,3034
15:30	568,6511	571,8939	571,293	568,6927	573,5781	578,3919	570,8457	575,8561
15:40	585,5794	574,8073	572,14	570,1282	573,0261	574,4636	571,2754	569,847
15:50	553,6934	563,0241	564,0378	568,4661	562,2747	542,7136	565,9661	568,6191
16:00	562,0593	570,0827	567,6016	582,6563	564,2429	555,8275	568,6009	570,72
16:10	567,9642	569,7129	570,2109	566,9655	575,0423	568,3522	568,2429	569,2969
16:20	583,5111	568,78	571,9141	571,5515	566,752	571,6556	572,1413	570,6628
16:30	560,2546	577,7507	569,8021	573,5723	566,6784	581,2936	572,2337	575,9733
16:40	589,9466	567,8112	575,6829	572,614	575,7864	589,4759	572,6719	571,5247
16:50	561,5788	571,5625	569,4564	566,4212	570,5085	577,5618	570,278	568,1042
17:00	567,1348	574,459	574,6439	565,3782	578,2923	573,9805	572,5039	571,405
17:10	577,2878	571,3314	570,7188	568,5788	563,9948	570,47	568,2194	568,1081
17:20	575,2676	568,0039	569,6354	571,9603	573,0638	566,3066	570,4505	572,4837
17:30	573,5202	568,1973	571,0397	570,6081	568,2988	568,6765	570,0808	566,6296
17:40	559,9121	572,0208	568,765	566,5267	566,1921	572,5234	569,722	573,3327
17:50	579,1126	577,1204	572,0515	569,6777	578,1133	575,1914	572,4407	569,0319
18:00	566,8782	569,5716	569,681	569,877	569,2871	569,0234	569,0339	566,2571
18:10	563,9316	563,8848	569,0234	569,9753	564,1986	568,53	568,4844	569,8314
18:20	572,4642	568,4265	568,8489	568,2617	571,4896	569,7507	571,7559	568,0403
18:30	578,1172	575,819	570,2832	570,4063	569,1094	572,9141	569,0768	572,1465
18:40	570,3392	573,4466	571,877	568,1101	572,3151	571,7832	570,6393	567,582
18:50	566,0859	568,3672	570,388	571,1647	569,0013	570,2454	569,4479	570,7402
19:00	568,5254	567,0944	570,1914	569,6614	569,2357	570,3796	569,9466	569,9661
MINIMO	548,9681	562,6081	564,0378	558,5515	562,2747	540,5104	564,0859	564,957
MAXIMO	589,9466	578,9844	575,6829	582,6563	578,2923	596,4518	577,6797	576,694
PROMEDIO	569,7721	569,9166	569,98	569,9954	569,9498	569,9381	569,9309	570,1209
DESVIACION	8,774365	3,979799	2,395405	3,222546	4,120864	10,75819	2,137427	2,54053

Tabla A2.6 Flujos de Q_{licor} tomados del CITECT cada diez minutos del día 1 de enero del 2016

Hora	Qlicor	Hora	Qlicor	Hora	Qlicor
7:00	1442,8	11:10	1428,5	15:10	1398,0
7:10	1441,2	11:20	1427,6	15:20	1400,0
7:20	1443,6	11:30	1427,8	15:30	1427,0
7:30	1441,5	11:40	1428,8	15:40	1430,7
7:40	1440,8	11:50	1380,3	15:50	1432,2
7:50	1438,9	12:00	1381,7	16:00	1432,6
8:00	1439,8	12:10	1380,4	16:10	1433,3
8:10	1440,5	12:20	1379,0	16:20	1431,7
8:20	1444,4	12:30	1378,3	16:30	1433,2
8:30	1425,6	12:40	1379,2	16:40	1434,2
8:40	1424,1	12:50	1380,9	16:50	1434,1
8:50	1423,8	13:00	1379,1	17:00	1429,2
9:00	1421,0	13:10	1379,5	17:10	1418,4
9:10	1406,6	13:20	1380,8	17:20	1421,9
9:20	1408,3	13:30	1380,7	17:30	1423,7
9:30	1412,0	13:40	1381,0	17:40	1399,3
9:40	1429,4	13:50	1379,7	17:50	1388,5
9:50	1427,8	14:00	1380,4	18:00	1408,9
10:00	1427,8	14:10	1379,4	18:10	1428,0
10:10	1428,6	14:20	1378,9	18:20	1428,9
10:20	1428,3	14:30	1379,1	18:30	1429,9
10:30	1427,5	14:40	1380,6	18:40	1430,3
10:40	1427,7	14:50	1381,2	18:50	1434,0
10:50	1427,5	15:00	1380,1	19:00	1435,1
11:00	1427,0				

Promedio de flujo de licor 1414,007

Tabla A2.7 Reporte de operaciones de la planta del 1 de enero del 2016. Densidad de la pulpa en los TC

Horas	Serie A		Serie B		Serie C	
	Temp.	Dens.	Temp.	Dens.	Temp.	Dens.
7	—	—	35,3	1110	36,9	1120
8	—	—	34,9	1110	37,9	1120
9	—	—	37,1	1110	40,0	1120
10	—	—	36,6	1110	36,6	1110
11	—	—	36,7	1110	37,7	1110
12	—	—	35,3	1110	37,2	1120
1	—	—	35,1	1110	37,4	1120
2	—	—	35,6	1110	37,7	1120
3	—	—	36,4	1110	37,5	1120
4	—	—	36,0	1110	36,8	1110
5	—	—	35,8	1110	38,2	1110
6	—	—	35,2	1110	36,7	1110
Prom	#####	#####	35,8	1110	37,6	1116

