



Río Seco: una operación estratégica

Trabajo de Investigación para optar el Grado de
Máster en Dirección de Empresas

Julio Alberto Bravo Quispe
José Luis Lama Manayay

Asesor:
Dr. Gonzalo Enrique León Riofrío

Lima, febrero de 2022

Dedicatoria

A nuestras familias, por todo el apoyo
y sacrificio a lo largo de toda esta etapa.



Agradecimientos

A Gonzalo, por su asesoría en la elaboración de este Trabajo de Investigación.

A Buenaventura y Río Seco, por compartirnos su experiencia.



Resumen ejecutivo

A finales del tercer trimestre del 2014, a casi un año del inicio de sus operaciones y con una inversión de poco más de \$100 millones, Procesadora Industrial Río Seco no había podido lograr una operación continua en la producción de Sulfato de Manganeso en su planta de Cristalización, lo cual ponía en riesgo la continuidad del conjunto de sus procesos.

Río Seco es una unidad subsidiaria de Cia. de Minas Buenaventura, constituyendo así, la primera unidad industrial de la Empresa, creada con el objetivo de incrementar el valor agregado de los concentrados de Plomo y Plata de la Unidad Minera Uchucchacua, que contienen altos niveles de Manganeso, que es considerado una impureza y penalizado en el comercio de concentrados mineros. Este incremento en el valor se logra gracias a la mejora en la calidad del concentrado, es decir, incrementos en contenidos de Plomo y Plata debido a la reducción de peso por remoción del Manganeso, que es transformado en un insumo químico utilizado como fertilizante o en la industria de baterías alcalinas. El caso se enfoca en la decisión que debe tomar la Gerencia de Río Seco para estabilizar las operaciones, teniendo en cuenta que los ingresos de la operación corresponden a las actividades del tratamiento del concentrado de Plomo - Plata (servicio de maquila) y a la venta del Sulfato de Manganeso. La elección de la alternativa y plan de acción a seguir deben ser sustentados al Directorio de Buenaventura, y deben estar acorde con la estrategia corporativa, que buscaba incrementar las reservas y, por lo tanto, el tiempo de vida de sus operaciones mineras en Uchucchacua. Los principales beneficios económicos de esta operación eran para Buenaventura, debido al incremento de precio en los concentrados de Plomo y Plata. Río Seco fue creada por motivos estratégicos, no fue una unidad proyectada para generar grandes beneficios para sí misma.

La decisión final no solo es un tema económico, sino también un tema estratégico corporativo. Se eligió la alternativa de buscar financiamiento para modificar las operaciones, debido a que era la que mejor se alineaba con la estrategia de Buenaventura.

Palabras clave: Valor agregado; maquila de concentrados; Sulfato de Manganeso; estrategia corporativa; industria química

Abstract

At the end of Q3 2014, almost a year after the start of its operations and with an investment of just over \$ 100 million, Procesadora Industrial Río Seco had not been able to achieve a continuous operation in the production of Manganese Sulfate in the Crystallization Plant, which puts the continuity of all its processes at risk.

Río Seco is a subsidiary unit of Cia. De Minas Buenaventura, thus constituting in the first industrial unit of the Company, created with the objective of increasing the added value of the Lead and Silver concentrates from Uchucchacua Mining Unit, which contain high levels of Manganese, considered an impurity and penalized in the price of concentrate. This increase in value is achieved thanks to the improvement in the quality of the concentrate, that is, increases in Lead and Silver contents because of the reduction in weight due to the removal of Manganese, which is transformed into a chemical input used as fertilizer or in the alkaline battery industry.

The case focuses on the decision to be taken by the Río Seco Management to stabilize operations, taking into account that the income from the operation corresponds to the activities of the treatment of the Lead - Silver concentrate (maquila service) and the sale of the Manganese Sulphate. The choice of the alternative and the action plan to follow must be approved by the Buenaventura Board of Directors, and must be in accordance with the corporate strategy, which looked to increase reserves and, therefore, the life of mine (LOM) of Uchucchacua. The main economic benefits of this operation are for Buenaventura, because of the price increase in the Lead and Silver concentrates. Río Seco was created for strategic reasons, it was not a unit designed to generate great benefits for itself.

The final decision is not only an economic issue, is a corporate strategic issue. The alternative of financing to modify operations was chosen because it was the one that best aligned with Buenaventura's strategy.

Keywords: Value added; maquila of concentrates; Manganese Sulphate; corporate strategy; chemical industry

Tabla de contenido

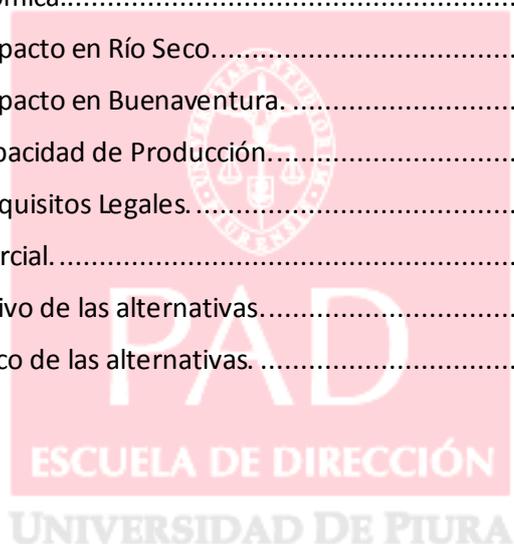
Introducción.....	17
Capítulo 1. Caso de estudio	19
1.1. Río Seco.....	19
1.2. El proceso industrial.....	22
1.3. El contrato.....	24
1.4. Una decisión que tomar.....	25
Anexos del caso.....	27
Anexo 1. Publicación del inicio de operaciones de Río Seco en medios de la industria	27
Anexo 2. Diagrama de Flujo del proceso	28
Anexo 3. Inventario de Reservas y Recursos de Mina Uchucchacua.....	32
Anexo 4. Proyección del Efecto Río Seco en la calidad de los Concentrados de Mina Uchucchacua.....	34
Anexo 5. Ficha técnica del Sulfato de Manganeso Monohidratado	36
Anexo 6. Sulfato de Manganeso obtenido sin valor comercial	38
Anexo 7. Usos del Sulfato de Manganeso Monohidratado	39
Anexo 8. Registro fotográfico de pruebas piloto.....	40
Anexo 9. Presupuesto Planta Río Seco.....	42
Anexo 10. Estado de Ganancias y Pérdidas proyectado durante la evaluación del proyecto	43
Anexo 11. Montaje de la Planta de Cristalización	44
Capítulo 2. Teaching note.....	45
2.1. Objetivos académicos.....	45
2.2. Síntomas del caso	45
2.3. Preguntas sugeridas	46
2.4. Análisis de la situación del negocio.....	46
2.4.1. Análisis del sector.....	46
2.5. Modelo de negocio	48
2.5.1. Estimaciones económicas.....	49
2.5.2. Inversión necesaria	51
2.5.3. Competencia	52
2.5.4. Propuesta de valor al cliente	52
2.5.5. Capacidad de producción comercial.....	52
2.5.6. Requisitos legales	52
2.5.7. ¿Qué sucede si no se hace el cambio en el proceso?.....	53

2.6. Problema u Oportunidad	53
2.7. Alternativa y Criterios.....	54
2.8. Evaluación de la alternativa	59
2.9. Decisión.....	65
2.10. Plan de acción.....	66
2.11. Desenlace del caso	67
Conclusiones	69
Listado de referencias bibliográficas.....	71



Índice de tablas

Tabla 1. Ingresos Unitarios de Río Seco.....	49
Tabla 2. Valoración comparativa del concentrado.....	49
Tabla 3. Contenido de Mn en Concentrado a partir del Mineral.	50
Tabla 4. Valor de Mina “Socorro” para Buenaventura.....	50
Tabla 5. Beneficio económico total para Buenaventura.	51
Tabla 6. Cálculo del costo estimado.....	57
Tabla 7. Ingresos por venta de solución.....	58
Tabla 8. Beneficio de vender directamente el Sulfato de Manganeso.	58
Tabla 9. Evaluación de Alternativas.	60
Tabla 10. Evaluación económica.....	62
Tabla 11. Evaluación de Impacto en Río Seco.....	62
Tabla 12. Evaluación de Impacto en Buenaventura.....	63
Tabla 13. Evaluación de capacidad de Producción.....	63
Tabla 14. Evaluación de Requisitos Legales.....	64
Tabla 15. Evaluación Comercial.....	64
Tabla 16. Análisis cuantitativo de las alternativas.....	65
Tabla 17. Análisis económico de las alternativas.....	65



Índice de figuras

Figura 1. Índice de Precios de los Metales Preciosos.....	46
Figura 2. Producción y Demanda Mundial del Sulfato de Manganeso Monohidratado.....	47



Introducción

El presente trabajo de investigación es un caso para el curso “Análisis de Situación de Negocio”, con el objetivo aprender a tomar decisiones usando el “método del caso” en situaciones críticas de operación industrial, así como evaluar y comparar las alternativas de solución considerando efectos integrales en el corto, mediano y largo plazo. Finalmente, se establece una propuesta de plan de acción.

El caso es un problema crítico en las operaciones de Procesadora Industrial Río Seco (Subsidiaria de Buenaventura), en el cual los impactos técnicos y económicos no son los únicos a evaluarse al momento de tomar la decisión final. Lo más importante es el impacto de dicha decisión dentro de la estrategia e intereses corporativos a largo plazo.

Los nombres y datos proporcionados son reales. Este es un caso emblemático dentro de las operaciones de Compañía de Minas Buenaventura.



Capítulo 1. Caso de estudio

1.1. Río Seco

Iniciaba septiembre del 2014 y César Hinojosa, Gerente de Procesadora Industrial Río Seco, tenía que decidir sobre qué opción era la más viable para mantener la operación de la planta que, a pesar de haber sido inaugurada en noviembre del 2013, no había logrado estabilizar la producción de Sulfato de Manganeso Monohidratado y, a consecuencia de esto, la fase final del circuito operativo ya no tenía velocidad suficiente para procesar las soluciones generadas en las primeras etapas de operación. Debido a ello, la capacidad de almacenamiento de estas soluciones estaba al límite. Tampoco se lograba obtener un producto comercial con la calidad suficiente para introducirlo en el mercado. Si no se tomaba una decisión pronto, la planta industrial en su totalidad tendría que detener las operaciones... “¿Cómo llegamos a este punto? ¿Cuál es la mejor opción para mantener las operaciones? ¿Debemos comprar el filtro o debemos deshacernos del Sulfato de Manganeso?” Eran las principales preguntas que cruzaban por sus pensamientos mientras observaba el premio a la innovación ganado por el proyecto hace apenas dos años atrás.

El inicio de operaciones de Río Seco había sido una noticia muy comentada en el sector minero peruano y mundial (Ver Anexo 1), debido a que era una operación subsidiaria de Cia. de Minas Buenaventura S.A.A., convirtiéndose así en su primera operación industrial (no minera)¹. Su objetivo: fabricar un fertilizante de alta calidad a partir de impurezas de los concentrados mineros de Plomo y Plata, provenientes de la unidad minera Uchucchacua², una de las más importantes minas de Buenaventura. El inventario de Reservas de Uchucchacua se muestra en el Anexo 3. Para ello utilizaba un proceso único en el mundo, que no generaba efluentes industriales y que le había valido ganar diversos reconocimientos en la industria nacional. El efecto esperado de la operación de Río Seco sobre los concentrados de Plomo – Plata de Uchucchacua se muestra en el Anexo 4.

Río Seco fue concebida por Buenaventura como respuesta a las altas penalidades que estaba pagando por las altas leyes de Mn en sus concentrados de Plomo y Plata que se obtenían en la Mina Uchucchacua. Procesadora Industrial Río Seco, era un innovador complejo químico industrial que consistía en un circuito de tres plantas químicas: (1) Planta de Lixiviación, (2) Planta de producción de Ácido Sulfúrico y (3) Planta de Cristalización de Sulfato de Manganeso³. Las tres plantas estaban interconectadas entre sí (Ver el diagrama del proceso en el Anexo 2). En la planta de Lixiviación del concentrado, se generaba la solución de Sulfato de Manganeso ($MnSO_4$) que era procesada en la

¹ Procesadora Industrial Río Seco, es una operación 100% de propiedad Buenaventura.

² Mina 100% Buenaventura. Ubicada en distrito y provincia de Oyón, región Lima. Es una operación minera subterránea que produce Plata, Plomo y Zinc.

³ En el Anexo 11 se muestran imágenes referenciales del montaje de los equipos.

Planta de Cristalización. En el Anexo 10 se muestra la proyección del Estado de Ganancias y Pérdidas presentado al Directorio de Buenaventura durante la etapa de Evaluación del Proyecto.

Durante la evaluación financiera de este proyecto, la TIR de Río Seco llegó sólo a 5% en sus mejores escenarios, por lo que, en otras circunstancias, este no hubiese sido considerado como un proyecto rentable, pero su efecto en el negocio de venta de concentrados de Buenaventura era inmediato. Ver anexo 4.

Sin embargo, casi un año después, no se había logrado obtener, a nivel industrial, el Sulfato de Manganeso Monohidratado ($MnSO_4 \cdot H_2O$), a pesar de que los ingenieros de GEA (firma francesa responsable de la ingeniería de la planta de cristalización), habían pasado varios meses intentando resolver el problema, incluso con acompañamiento en campo de especialistas de reconocimiento mundial. A estas alturas⁵, prácticamente se había cortado todo tipo de relaciones con GEA, e incluso, a nivel corporativo, se evaluaba una demanda internacional por los errores en el diseño que habían generado, y seguían generando, pérdidas en miles de dólares diarios para la compañía.

Debido a ello, en las últimas semanas, algunos directivos de la casa matriz Buenaventura habían propuesto que se regresara a la mina el producto sin valor comercial para que sea almacenado en su relavera⁶ o que se pudiera vender la solución purificada de Sulfato de Manganeso a otras empresas, para que produzcan Sulfato de Manganeso Monohidratado ($MnSO_4 \cdot H_2O$), Dióxido de Manganeso (MnO_2) o Manganeso Metálico. Ver Anexo 7. Esta solución purificada de Sulfato de Manganeso tiene como máximo 20% de Sulfato de Manganeso en Solución. Esta solución tenía un valor estimado de \$80 por metro cúbico⁷. La inversión actual para acondicionar una zona de despacho se estimaba en \$100,000. Si en el futuro se requería implementar más tanques de 800 m³, se requería invertir aproximadamente \$480,000 por cada tanque de esta capacidad.

Por otro lado, el equipo de Operaciones de Río Seco había propuesto el uso de un filtro prensa⁸ como etapa previa al secado de los cristales de Sulfato de Manganeso en reemplazo de la actual centrífuga. Esta propuesta, que ya tenía el desarrollo de la ingeniería conceptual⁹, incluía realizar modificaciones radicales a la etapa final de la planta de Cristalización sin haber hecho el pilotaje

⁴ Ver Ficha Técnica del Producto esperado en el Anexo 5.

⁵ Septiembre 2014.

⁶ Depósito en donde las minas almacenan sus residuos de operación. El flete para llevar este producto de Río Seco a la mina era \$45.41 por tonelada.

⁷ Sin embargo, los potenciales compradores sólo estaban dispuestos a pagar \$25 por m³, debido a que el transporte les significaba pagar “por agua” por la baja concentración de Mn. Además, esto significaba incrementar el costo sus operaciones. En el país no existen compradores de esta solución de Sulfato de Manganeso.

⁸ El filtro prensa incorpora además un sistema de descarga, transporte neumático del producto seco y un silo de almacenamiento. Esta propuesta incluye también nuevas pozas de almacenamiento de solución.

⁹ Este desarrollo conceptual incluía los balances de masa y energía del proceso y especificaciones técnicas de los equipos involucrados.

necesario para esta implementación y además brindaba la posibilidad de incrementar la capacidad de producción de 60 a 80 toneladas diarias de Sulfato de Manganeso Monohidratado gracias a que la purga del sistema se convertiría en un producto comercial de menor calidad, pero que cumplía las especificaciones para venderse como producto de uso agroindustrial y para la producción de otros productos como el Dióxido de Manganeso. Este plan incorporaba además la compra de un equipo de secado por contacto directo con aire caliente¹⁰ para obtener un producto principal de alta calidad.

César recordaba lo sucedido en la última reunión para revisar esta propuesta:

- Roger Muñoz, el Superintendente de Operaciones le había recordado una vez más: “César, los costos directos de la Planta de Cristalización llegan a \$250,000 mensuales en promedio¹¹, y llevamos más de seis meses intentando de todo para que la planta funcione correctamente y obtener el producto adecuado. Prácticamente intentamos algo nuevo todos los días, debido a esto la gente de mantenimiento ya está agotada y se nota una baja en la moral de los operadores... y como se puede ver en una visita rápida por la planta, toda la zona de Purificación se encuentra prácticamente inundada¹² con solución de Sulfato de Manganeso”.
- Giancarlo Sarria, el Superintendente de Administración, agregó: “No podemos parar las operaciones. En este momento, los únicos ingresos que tenemos son gracias a la maquila que hacemos del concentrado. La producción de Sulfato de Manganeso con valor comercial es prácticamente nula. Toda la producción obtenida se embolsa como sale y es llevada al almacén, ¡pero no sabemos qué hacer con ese producto! ¡Nadie lo quiere comprar! Y pronto tendremos que buscar un lugar donde guardar el barro que sigue saliendo”. Ver anexo 6.

La situación amenazaba con parar la operación completa. Río Seco tenía un contrato de largo plazo con Uchucchacua para la maquila¹³ de su concentrado con alta ley de Manganeso; y ésta a su vez, tenía varios contratos internacionales por la venta de este concentrado de Plomo y Plata con baja ley de Manganeso, que incluían altas penalidades en caso de no cumplimiento de cantidad o calidad; por lo que parar la maquila de estos concentrados mientras se resolvía el problema de la Planta de Cristalización era una opción poco viable. Además, la operación en su conjunto era marginal, por lo que dependía de los ingresos por el tratamiento de este concentrado.

¹⁰ Este equipo se llama Spin Flash Dryer.

¹¹ Estos costos incluían la purificación de 250m³ diarios, en promedio, de solución para tener condiciones óptimas de ingreso a la planta de cristalización.

¹² La zona donde se encontraban los tanques de Purificación estaba rodeada de un muro de contención que, de acuerdo con la norma y diseño, tenía una capacidad volumétrica de 110% del volumen del tanque de almacenamiento principal. Es decir, una capacidad máxima de contención de 4,620m³.

¹³ La maquila del concentrado es un proceso físico químico a través del cual se remueven impurezas y se incrementa su valor comercial.

“Además, se han roto relaciones comerciales con GEA”, pensó César.

- Richard Villagaray, uno de los Jefes de Guardia presente en la reunión, mencionó: “Los cristales de Sulfato de Manganeso obtenidos tienen un tamaño menor a 25 micrones, por lo que no pueden ser separados fácilmente, lo que dificulta la etapa de secado. Por eso obtenemos esa masa espesa, tipo barro, de difícil manipulación (debido al alto contenido de humedad, superior al 30%) que obstruye los equipos de secado y empaclado en la parte final del proceso. Hemos tenido que improvisar la operación de descarga y embolsado; la naturaleza plástica del producto a la descarga del secador¹⁴, hace imposible su manipulación en los equipos destinados para estos trabajos”.
- Ángel Betancourt, Jefe de Planta, agregó: “El producto es almacenado en sacos de 1TM (sacos big bag), pero por la naturaleza física y urgencia de traslado, no se controla el peso del embolsado. Finalmente, el producto embolsado y almacenado, se seca en bloques de gran tamaño, incrementando su dureza, por lo que este producto carece de valor comercial”. Ver anexo 6.
- Richard continuó: “Por si esto no fuera poco, ya es ‘normal’ ver los tanques de almacenamiento de solución rebosando e inundando las zonas de contención debido a que el procesamiento de la solución es muy inestable y muy lenta”.

La producción de Sulfato de Manganeso Monohidratado (sin valor comercial) oscilaba entre cero y 20 toneladas diarias. Teóricamente, 1000 litros de solución de Sulfato de Manganeso ($MnSO_4$) puede generar 150 kg de Sulfato de Manganeso Monohidratado ($MnSO_4 \cdot H_2O$). La planta de Cristalización tenía una capacidad de producción de 60 tm/día.

- “César -dijo Roger de manera acalorada- ¡necesitamos ese filtro ya!”

1.2. El proceso industrial

Procesadora Industrial Río Seco, pionera en el Perú y el mundo, se conceptualizó y construyó como una moderna planta ubicada en el distrito de Huaral, a 110 km al norte de Lima, con el objetivo de producir 22,000 toneladas anuales de Sulfato de Manganeso Monohidratado ($MnSO_4 \cdot H_2O$) de alta calidad, lo que ubicaría al Perú como el tercer productor a nivel mundial. Este producto es utilizado principalmente como micronutriente para las plantas, favoreciendo al mercado interno e impulsando la agricultura nacional. Además, es materia prima para la fabricación de aceros, baterías, pigmentos, entre otros. Ver anexo 7.

El proceso industrial consistía en una Planta de Lavado Ácido (lixiviación) del concentrado proveniente de la mina, con una capacidad de tratamiento de 131 Ton/día. El proceso industrial

¹⁴ La Planta de Cristalización contaba con un Secador de Lecho Fluidizado, equipo cuya función era secar los cristales de Sulfato de Manganeso hasta obtener un producto en polvo, con menos de 1% de humedad.

comprende además una planta de producción de Ácido Sulfúrico con una capacidad de producción de 60 Ton/día y una planta de Cristalización de Sulfato de Manganeso, que también tiene una capacidad de producción de 60 Ton/día. La Planta de Lixiviación devolvía 80 Ton/día de concentrado maquilado con baja Ley de Manganeso (Mn) y, por lo tanto, con mejores Leyes de Plomo (Pb) y Plata (Ag).

La inversión total en la construcción de todo el complejo industrial ascendió a \$108 millones. La construcción inició en agosto del 2011 y duró dos años. Ver anexo 9.

El concentrado de Plomo y Plata con alta Ley de Manganeso (18%) era enviado a una etapa de remolienda y posterior homogenización para controlar el contenido de sólidos. Esta pulpa¹⁵ era enviada a una etapa de neutralización¹⁶ y posterior lixiviación¹⁷ con Ácido Sulfúrico, removiendo de esta manera el Manganeso del concentrado en forma de Sulfato de Manganeso en solución. En las reacciones de lixiviación se produce gas sulfhídrico (H_2S) que es enviado a la planta de Ácido Sulfúrico como materia prima. El producto principal de la Planta de Lixiviación es el concentrado de Plomo y Plata con baja Ley de Mn; el Ácido Sulfúrico obtenido se recircula en su totalidad a la planta de Lixiviación. El concentrado que se obtiene en la Planta de Lixiviación tiene una Ley final de Manganeso entre 4% y 5%, y luego de ser filtrado, es devuelto al cliente¹⁸, quien lo lleva directamente al Callao para su exportación.

Antes de ingresar a la Planta de Cristalización, la solución de Sulfato de Manganeso pasa a través de un circuito de purificación, que tiene una capacidad de almacenamiento de 3,200m³ distribuidos en cuatro tanques de igual capacidad¹⁹. La solución purificada se almacena en un “tanque pulmón”²⁰ de 1,000m³ de capacidad. Desde este tanque se alimenta la solución a la Planta de Cristalización.

¹⁵ La pulpa es una mezcla de sólidos (concentrado) con líquido (agua y/o solución del proceso). En esta etapa, la pulpa tiene 60% de sólidos.

¹⁶ En esta etapa se regula el contenido de acidez (pH) para remover la mayor parte de las impurezas en la solución de Sulfato de Manganeso ($MnSO_4$) y no pasen a las etapas posteriores del circuito.

¹⁷ La etapa de lixiviación consiste en mezclar el concentrado con alta Ley de Mn y Ácido Sulfúrico para disolver el Mn (del concentrado) en forma de una solución acuosa de Sulfato de Manganeso ($MnSO_4$) que posteriormente es enviada a la Planta de Cristalización para convertirse en Sulfato de Manganeso Monohidratado ($MnSO_4 \cdot H_2O$), que es un producto sólido de color rosa.

¹⁸ En este caso, es devuelto a la Mina, quien tiene personal propio trabajando en Río Seco, y que se encarga de gestionar el envío del concentrado maquilado directamente al Callao, usando para ello camiones herméticos que salen de la Planta de Río Seco.

¹⁹ 1 m³ = 1000 litros.

²⁰ El tanque pulmón almacena y dosifica de manera regulada la solución de Sulfato de Manganeso que se envía a la Planta de Cristalización.

La Planta de Cristalización²¹ constaba de dos lazos en serie de evaporación/cristalización²², en donde la solución se llevaba a punto de ebullición en vacío²³. En el primer circuito se removía el Calcio en forma de Yeso y en el segundo circuito se generan los cristales de Sulfato de Manganeso Monohidratado ($MnSO_4 \cdot H_2O$) que eran enviados a una centrífuga²⁴ para su separación. Los cristales centrifugados eran posteriormente enviados a un secador y finalmente a una empacadora en sacos de 1000 kg. El agua evaporada en ambos circuitos era condensada²⁵ y recirculada a la Planta de lixiviación, lo que permitía un importante ahorro de agua.

1.3. El contrato

El diseño y desarrollo de ingeniería fue encargado a la firma francesa GEA KESTNER, quien contaba con muchos años de experiencia en el diseño y fabricación de secadores y cristalizadores, pero nunca había diseñado un cristizador de Sulfato de Manganeso en las condiciones actuales, ya que el proceso desarrollado por Río Seco era el primero en el mundo en obtener este producto vía cristalización de Sulfato de Manganeso contenido en una solución obtenida durante la lixiviación de concentrados mineros.

Para el desarrollo de la ingeniería de este proceso, el equipo de Río Seco generó 2m³ de muestra de solución sintética de alta pureza de Sulfato de Manganeso que se envió a Francia para que poder realizar pruebas piloto. Estas pruebas se diseñaron y ejecutaron en la planta piloto de GEA en Francia, por personal de dicha firma, donde también se contó con la presencia de un equipo de supervisores y consultores enviados por Río Seco. Las pruebas fueron exitosas (ver Anexo 8) y la información técnica generada fue utilizada para el diseño y desarrollo de ingeniería de la planta de Cristalización para el proyecto Río Seco.

El contrato con GEA para el diseño y suministro de equipos principales de la Planta de Cristalización era por un monto que ascendía a \$7.5 millones, e incluía licencias, desarrollo de ingeniería, suministro de equipos y soporte técnico. Ver anexo 9.

²¹ La cristalización es un proceso de formación de sólido cristalino (es decir, de alta pureza), a partir de una solución. En este caso, se forman cristales sólidos de Sulfato de Manganeso Monohidratado ($MnSO_4 \cdot H_2O$) a partir de una solución acuosa (líquida) de Sulfato de Manganeso.

²² La función de estos lazos era separar el agua en forma de vapor. En el primer lazo la remoción de agua permitía la formación de cristales de yeso que era separado antes de ingresar al segundo lazo. En el segundo lazo, la remoción de agua permitía la formación de cristales de Sulfato de Manganeso Monohidratado ($MnSO_4 \cdot H_2O$) que debían ser secados y posteriormente empacados para su venta.

²³ Es decir, a presiones menores a 1 atm.

²⁴ Equipo que permitía separar los cristales sólidos gracias rotaciones a una muy alta velocidad

²⁵ Durante la etapa de evaporación el agua se extrae en forma de Vapor, que luego es enfriado para obtener agua en fase líquida (condensación).

El soporte técnico incluía además la presencia en campo de ingenieros de GEA para el comisionamiento²⁶ y puesta en marcha de la planta. Ellos iban a tener condiciones de trabajo de acuerdo a la legislación francesa y el acuerdo era el siguiente:

- Envío a Perú de personal calificado para la verificación de los trabajos de construcción y montaje: 10 días-hombre. A usar en tres viajes como máximo.
- Envío a Perú de personal calificado para supervisión del comisionamiento y puesta en marcha: 20 días-hombre. A usar en tres viajes como máximo.

La forma de pago contractual era la siguiente: 20% de adelanto, 15% con la entrega de la ingeniería aprobada, 20% con la orden de compra de los primeros equipos y el 45% restante a la entrega de los equipos. Adicional Rio Seco contrató a la firma de ingeniería local BISA para la revisión de los paquetes de ingeniería entregados por GEA.

El contrato contemplaba además un arbitraje, en caso de ser necesario, en idioma inglés y bajo las leyes inglesas de acuerdo con las reglas de conciliación y arbitraje de la Cámara de Comercio Internacional de Londres. También se incluían, entre otras, las siguientes garantías en cuanto al proceso industrial:

- i. Capacidad mínima (nominal) de producción de cristales de Sulfato de Manganeso Monohidratado ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) de alta pureza: 24,400 toneladas anuales.
- ii. Pureza de cristales: Mínimo 32% en peso de Manganeso.
- iii. Humedad residual en cristales: Máximo 0.5% en peso.
- iv. Tamaño de cristales: Mínimo 200 micrones.

Cada una de las garantías de proceso mencionadas, tenía su propia escala de penalidades que podía variar en entre 0.25% y 2% del monto contractual (\$7.5 millones) para las garantías (i) y (ii) y entre 0.25% y 1% para las garantías (iii) y (iv).

1.4. Una decisión que tomar

Para el comisionamiento, GEA KESTNER envió a ingenieros supervisores mecánico, eléctrico e instrumentista para verifica el correcto montaje y configuración de todos los sistemas. Para la puesta en marcha de la planta la firma francesa envió a dos Ingenieros Químicos con mucha experiencia en comisionamiento y arranque de este tipo de plantas en todo el mundo.

Rápidamente, el equipo de operaciones observó que el Sulfato de Manganeso Monohidratado ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) obtenido tenía un tamaño de partícula en promedio de 18 micrones y no correspondía a la consistencia y calidad esperada. “Es normal. Se va a estabilizar pronto”, había dicho el jefe de la delegación francesa a unos de los Jefes de Turno. A partir de entonces, las cosas no habían hecho más que empeorar. Todo el equipo de operaciones de la unidad, sumados a expertos enviados por GEA

²⁶ Verificación de la correcta instalación y funcionamiento de los equipos antes del inicio de operaciones.

intentaron resolver el problema. Finalmente, a finales de agosto del 2014, la situación se había tornado crítica y, con un alto presupuesto de por medio, el equipo de operaciones de Río Seco le había alcanzado a la Gerencia una propuesta técnica que consistía en rediseñar el sistema completo a partir del segundo lazo de cristalización, lo que implicaba una inversión aproximada de \$3 millones (capital que Río Seco tenía que pedir prestado a la casa matriz). Se estimaba que, en el mejor de los casos, el tiempo de implementación de este sistema no debía ser menor de seis meses. Sin embargo, no se había realizado ningún pilotaje de este nuevo circuito en la Planta de Cristalización y tampoco se tenía el tiempo suficiente para hacerlo. La propuesta se basaba en la experiencia del equipo de operaciones, en pequeñas pruebas a nivel laboratorio y en lo que se había observado en los últimos meses en la planta de Cristalización.

En medio de todos estos acontecimientos, César evaluaba el camino a seguir. Tenía además sobre la mesa la propuesta de retornar el Sulfato de Manganeso Monohidratado sin valor comercial a mina y cuyo costo de envío iba a ser asumido por el corporativo y la propuesta de venta de solución purificada de Sulfato de Manganeso directamente a fabricantes de productos derivados del Manganeso. Esta última opción implicaba además la paralización de la Planta de Cristalización. Estas dos últimas opciones no implicaban mayores inversiones financieras por parte de Río Seco y eran técnicamente sencillas para la ejecución inmediata de Río Seco. Sólo se necesitaba informar de estos cambios a la autoridad competente, el Ministerio de la Producción (PRODUCE). La gestión de aprobación en el PRODUCE de estas dos últimas opciones era mucho más rápida y sencilla, debido a que no implicaba ampliaciones o cambios tecnológicos, a diferencia de la propuesta del equipo de Operaciones.

Un repentino timbrado telefónico lo sacó de sus pensamientos. Le llamaba el Vicepresidente de Desarrollo de Negocios de la casa matriz, seguramente para saber de primera mano la situación y la decisión que se iba a tomar.

Ya no quedaba mucho tiempo. Había demasiado en juego. Era ahora o nunca.

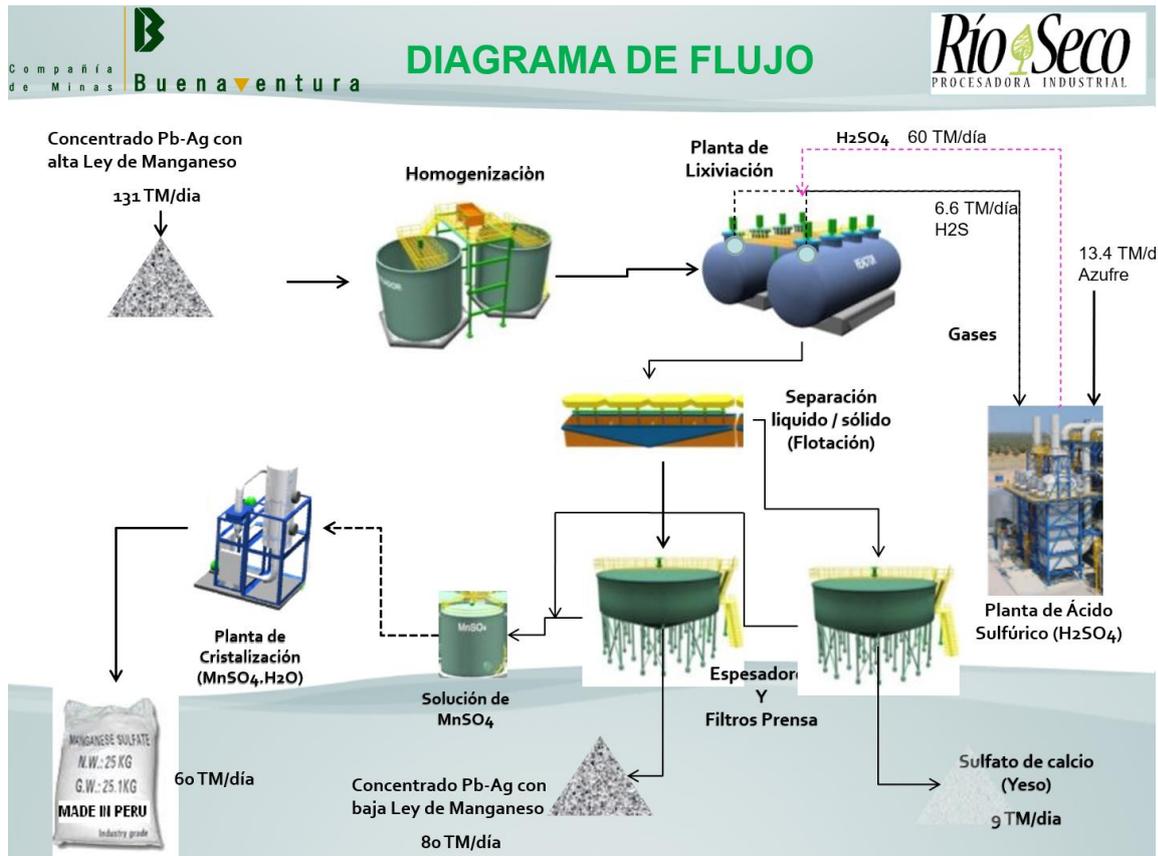
Anexos del caso

Anexo 1. Publicación del inicio de operaciones de Río Seco en medios de la industria



Fuente: "Río Seco: un proyecto histórico que se hizo realidad" (2013)

Anexo 2. Diagrama de Flujo del proceso



Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)

Anexo 2. Continuación

La materia prima y productos de cada planta se resumen en la siguiente tabla:

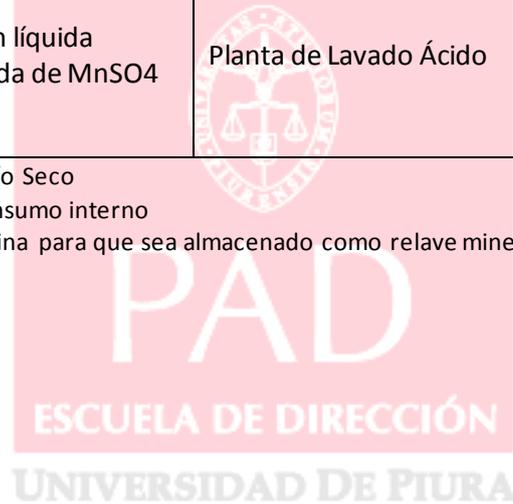
Etapa	Materia Prima	Fuente de la Materia Prima	Productos
Planta de Lavado Ácido	Concentrado Pb-Ag con alta de Ley de Mn	Mina Ucchuchacua (BVN)	Concentrado Pb-Ag con baja de Ley de Mn ⁽¹⁾
			Solución líquida de MnSO ₄ (sin purificar)
			Yeso (Baja calidad) ⁽³⁾
Planta de Ácido Sulfúrico	Gas Sulfhídrico (H ₂)	Planta de Lavado Ácido	Ácido Sulfúrico Industrial 98.5% ⁽²⁾
	Azufre sólido (S)	Proveedores internacionales	
Planta de Cristalización	Solución líquida purificada de MnSO ₄	Planta de Lavado Ácido	Sulfato de Manganeso Monohidratado (MnSO₄.H₂O) ⁽¹⁾
			Yeso (grado agrícola) ⁽³⁾

(1) Producto comercial de Río Seco

(2) Producción sólo para consumo interno

(3) El yeso es enviado a la mina para que sea almacenado como relave minero

Fuente: elaboración propia



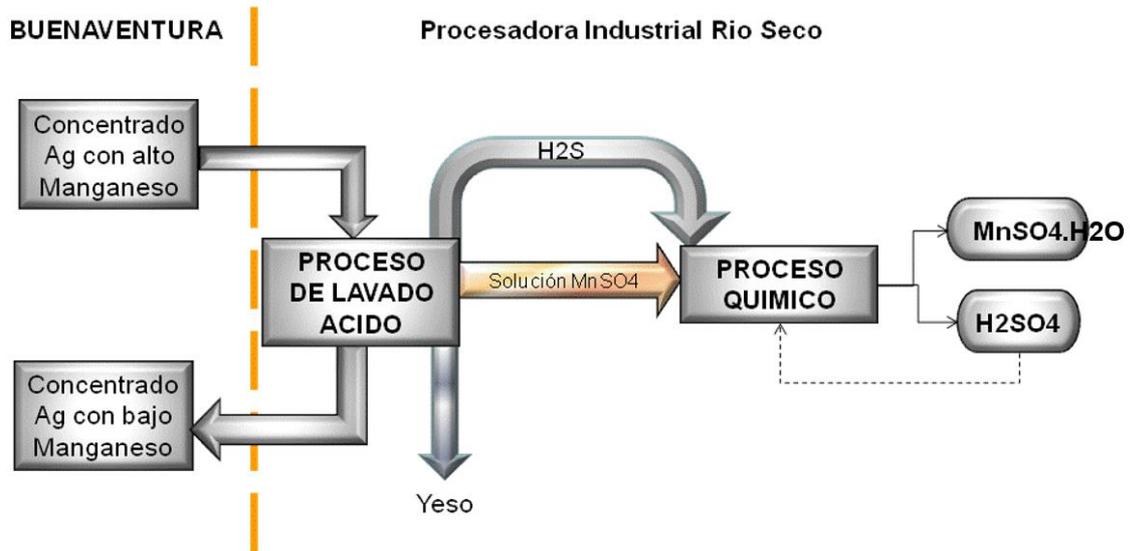
Anexo 2. Continuación

El circuito estaba integrado de tal manera que, si alguna planta dejaba de funcionar, estos eran los escenarios:

Planta que deja de funcionar	Efectos en el todo el circuito
Planta de Lixiviación	<p>La planta de Ácido Sulfúrico puede seguir funcionando usando sólo Azufre como materia prima.</p> <p>La planta de Cristalización funcionará hasta agotar el stock de los tanques de Purificación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad Máxima de Purificación = 4,200m³ • Independencia Máxima = 17 días
Planta de Ácido Sulfúrico	<p>La planta de Lixiviación deja de funcionar inmediatamente.</p> <p>La planta de Cristalización funcionará hasta agotar el stock de los tanques de Purificación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad Máxima de Purificación = 4,200m³ • Independencia Máxima = 17 días
Planta de Cristalización	<p>La planta de Ácido Sulfúrico puede seguir funcionando de manera normal.</p> <p>La planta de Lixiviación debe reducir gradualmente su nivel de operación hasta llegar al límite de la capacidad de almacenamiento en los tanques de Purificación.</p> <p>Una vez llegado a este punto, la planta de Lixiviación debe dejar de funcionar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad Máxima de Purificación = 4,200m³

Fuente: elaboración propia

Anexo 2. Continuación



Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)



Anexo 3. Inventario de Reservas y Recursos de Mina Uchucchacua²⁷



INVENTARIO DE RESERVAS + RECURSOS + POTENCIAL – SULFUROS DE PLATA Al 30 de Abril del 2011

RESERVAS MINERALES PLATA-SULFUROS - MINA UCHUCCHACUA

	T.C.S.	Oz. Ag	% Pb	% Zn	%Mn	% T.C.S.
CARMEN	656,085	13.1	1.4	1.7	8.53	18.44%
CASUALIDAD	190,150	14.6	0.9	1.5	7.43	5.34%
SOCORRO	2,236,165	14.9	1	1.4	13.35	62.85%
HUANTAJALLA	475,730	14.1	1.8	2.5	5.55	13.37%
POZO RICO	0	0	0	0	0	0.00%
TOTAL RESERVAS	3,558,130	14.5	1.2	1.6	11.1	100.00%

RECURSOS MINERALES PLATA - SULFUROS MINA UCHUCCHACUA

	T.C.S.	Oz. Ag	% Pb	% Zn	%Mn	% T.C.S.
CARMEN	302,915	14.9	1.1	1.6	7.07	13.80%
CASUALIDAD	141,690	13.1	1.4	1.8	7.9	6.46%
SOCORRO	1,356,880	15.8	1	1.4	13.12	61.82%
HUANTAJALLA	388,355	16.3	1.8	2.5	4.71	17.69%
POZO RICO	4,895	15	0.6	1.4	1.33	0.22%
TOTAL RECURSOS	2,194,735	15.6	1.2	1.6	10.44	100.00%

POTENCIAL PLATA-SULFUROS-MINA UCHUCCHACUA

	T.C.S.	Oz. Ag	% Pb	% Zn	%Mn	% T.C.S.
CARMEN	151,735	14.2	2	2.4	10.44	8.99%
CASUALIDAD	161,070	22.6	1	1.8	7.59	9.55%
SOCORRO	1,207,006	14.1	1	1.5	14.67	71.54%
HUANTAJALLA	159,940	17.8	2	2.6	4.04	9.48%
POZO RICO	7,495	15	0.6	1.4	1.33	0.44%
TOTAL POTENCIAL	1,687,246	15.3	1.2	1.7	12.55	100.00%

T.C.S. = Tonelada Corta Seca. Equivale a 907.18 kg (1TCS = 0.90718 TM)

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)

Las leyes reportadas como porcentaje de Plomo, Zinc y Manganeso corresponden a su equivalente en contenido metálico. Puesto que, en la naturaleza, estos metales se encuentran en formas químicas más complejas, como por ejemplo Sulfuros u Óxidos.

Los recursos y reservas oficiales de mineral tienen altos niveles de Mn, entre 10% y 11%. Durante su procesamiento en mina²⁸, el concentrado tiene niveles de Mn entre 18% y 23% en promedio. Este concentrado es el que se enviaría a Río Seco.

²⁷ Las leyes indicadas en los cuadros de inventarios y reservas corresponden a la denominada “cabeza” de mineral (lo que se obtiene del suelo). Una vez procesado el mineral, el contenido de Manganeso se incrementaba 60% en promedio en el concentrado que se enviaba a Río Seco. Es decir, si el mineral tenía un contenido de 10% de Manganeso, el concentrado que se obtenía podía llegar hasta 16% en contenido de Manganeso.

²⁸ En la mina existe una Planta concentradora que recibe el mineral de la mina. De esta planta concentradora sale el “concentrado minero” que se destina a venta internacional.

Anexo 3. Continuación

El Manganeso es una impureza penalizada en la comercialización de concentrados mineros: Se penalizaba con \$26.308 por tonelada corta, por cada punto porcentual a partir de 16% de Mn en el concentrado. Debido a ello, en la mina se hacía *blending*²⁹ de concentrados para regular el contenido de Mn en los concentrados vendidos.



Distribución del Mineral de Sulfuros Plata con Alabandita - Mina Socorro al 30 de Abril 2011

MINERAL DE SULFUROS PLATA - MINA SOCORRO

	TCS	Oz_Ag	%_Pb	%_Zn	%_Mn
RESERVAS	2,236,165	14.9	1	1.4	13.35
RECURSOS	1,356,880	15.8	1	1.4	13.12
POTENCIAL	1,207,006	14.1	1	1.5	14.67
TOTAL	4,800,051	15	1	1.4	13.62

MINERAL DE SULFUROS PLATA - MINA SOCORRO (con Alabandita)

	TCS	Oz_Ag	%_Pb	%_Zn	%_Mn
RESERVAS	1,459,285	15.6	0.5	0.7	17.54
RECURSOS	982,430	16.4	0.7	1	15.87
POTENCIAL	919,591	14.2	0.6	0.8	18.04
TOTAL	3,361,306	15.5	0.6	0.8	17.19

MINERAL DE SULFUROS PLATA - MINA SOCORRO (sin Alabandita)

	TCS	Oz_Ag	%_Pb	%_Zn	%_Mn
RESERVAS	776,880	13.8	1.9	2.8	5.49
RECURSOS	374,450	14.5	1.7	2.5	5.91
POTENCIAL	287,415	13.7	2.6	3.6	3.89
TOTAL	1,438,745	14	2	2.9	5.28

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)

El Manganeso (Mn) se encuentra en las minas de Uchucchacua principalmente en forma de Alabandita (MnS). También se le puede encontrar en forma de Rodocrosita (MnCO₃). Se proyectaba que las reservas de Socorro, en caso de iniciar explotación, tuvieran un periodo de explotación de 5 años. Mina Socorro era una zona con alto contenido de Manganeso en el mineral, cuyo concentrado final se estimaba con 22% de Manganeso en promedio y no se consideraban dentro de los recursos de explotación a corto plazo por Buenaventura, debido a que su procesamiento en mina no era eficiente y generaba concentrados con leyes muy altas de Mn, con las que no era sencillo hacer *blending*.

²⁹ El *blending* es una operación de mezcla de concentrados con alta Ley de Mn y concentrados con baja Ley de Mn, con el objetivo de tener un concentrado con una Ley de Mn debajo de límite de penalidad.

Anexo 4. Proyección del Efecto Río Seco en la calidad de los Concentrados de Mina Uchucchacua

 PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS													
Producción Histórica de Mineral y concentrados Bulk Pb-Ag (2006 – 2011)													
Año	Cabeza						Concentrado Pb-Ag						R/C
	TCS	TM	Ley				TCS	TM	Ley			%	
			OzAg/TCS	%Pb	%Zn	%Mn			OzAg/TCS	%Pb	%Mn	Recup	
2006	803,281	728,732	16.4	1.06	1.22	8.82	30,230	27,424	301.60	25.53	13.74	69.2%	26.6
2007	819,410	743,364	16.0	1.31	1.90	8.54	34,486	31,285	242.59	28.15	17.49	63.8%	23.8
2008	864,262	784,053	16.4	1.47	1.98	9.22	38,570	34,990	252.75	29.65	18.88	68.8%	22.4
2009	1,017,117	922,722	14.0	1.10	1.56	9.98	36,666	33,263	259.63	25.70	18.22	66.9%	27.7
2010	1,013,395	919,346	12.9	0.98	1.47	10.02	39,814	36,119	209.40	21.82	14.28	63.8%	25.5
2011	1,086,123	985,324	13.1	0.89	1.31	8.95	46,061	41,786	194.82	18.20	13.31	63.1%	23.6
Promedio	933,931	847,257	14.63	1.12	1.56	9.29	37,637.83	34,144.82	239.40	24.51	15.93	65.9%	24.81
Total	5,603,588	5,083,542					225,827	204,869					

Producción de Mineral y concentrados Bulk Pb-Ag estimados (68% recuperación)													
Año	Cabeza						Concentrado Pb-Ag						R/C
	TCS	TM	Ley				TCS	TM	Ley			%	
			OzAg/TCS	%Pb	%Zn	%Mn			OzAg/TCS	%Pb	%Mn	Recup	
2011	1,086,123	985,324	13.1	0.89	1.31	8.95	46,061	41,786	194.8	18.2	13.3	63.1%	23.6
2012 ⁽¹⁾	864,175	783,974	13.1	0.98	1.47	7.41	36,851	33,431	198.8	18.4	12.9	64.6%	23.5
Proyectado	1,086,123	985,324	13.10	0.89	1.31	8.95	54,306	49,266	178.16	15.49	16.11	68.0%	20.0
Proy. Lix.	1,086,123	985,324	13.10	0.89	1.31	8.95	38,014	34,486	254.51	22.12	2.00	68.0%	28.6

(1) Acumulado de Enero – Octubre 2012

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)

Proy. Lix. = Proyección del efecto de la Planta de Lixiviación de Río Seco sobre los concentrados de la mina. La existencia de Río Seco proyectaba una reducción en el tonelaje vendido por la mina, pero un incremento sustancial en las leyes de Ag (178Oz a 254Oz) y Pb (15% a 22%), que incrementaba su precio; a la vez que reducía el contenido de Mn a 2%, por lo que este concentrado se podía vender directamente sin penalidad o ser usado para optimizar los procesos de *blending*.

Precio de Bruto Concentrado de Pb – Ag con Mn ⁽¹⁾ (Procedente de la mina)	Contenido de Mn (%)
6,650.610 \$/tm	2%
4,130.880 \$/tm	10%
4,102.117 \$/tm	18%
4,044.587 \$/tm	22%

(1) Datos estimados con precios y condiciones comerciales de BVN en el 2011. Estos precios ya incluyen la penalización del Mn en caso corresponda.

Fuente: elaboración propia

Anexo 4. Continuación

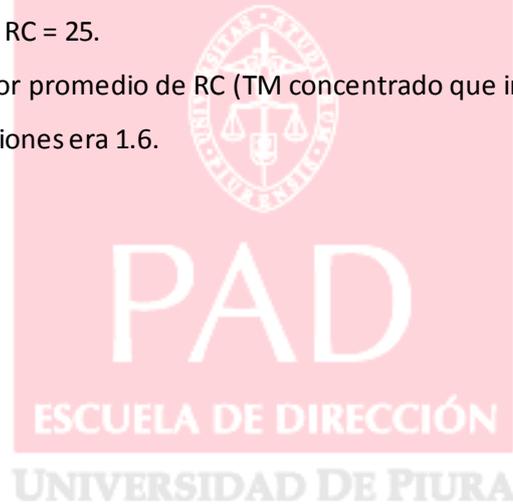
La mina Ucchuchacua proyectaba vender en el 2011 un total de 49,266 tm de concentrado de Pb y Ag con una Ley de 16% de Mn. También se esperaba tener concentrados de hasta 22% de Ley de Manganeso. La Planta de Río Seco fue diseñada para recibir concentrados con Leyes de 18% de Manganeso en promedio; pero con ciertas estrategias operativas, podía recibir el concentrado con 22% de Manganeso.

El Ratio de Concentración (RC) es un parámetro que relaciona de manera aproximada el tonelaje de mineral procesado con el tonelaje de concentrado obtenido:

$$TM \text{ (cabeza)} / TM \text{ (concentrado)} = RC$$

En general, Mina Uchuchacua (incluyendo la zona correspondiente a Mina Socorro) podían estimar su producción con $RC = 25$.

En Río Seco, el valor promedio de RC (TM concentrado que ingresaba / TM concentrado que salía) usado en las estimaciones era 1.6.



Anexo 5. Ficha técnica del Sulfato de Manganeso Monohidratado

	FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO SULFATO DE MANGANESO MONOHIDRATADO CALIDAD PREMIUN	Área de Responsabilidad Comité SIB	
		Versión 02	Pag. 1 de 2

**Especificaciones garantizadas:**

Elemento	[]	Especificaciones
MnSO4 H2O	%	≥ 95
Mn	%	≥ 31
As	ppm	≤ 5
Ca	ppm	≤ 2,000
Fe	ppm	≤ 50
K	ppm	≤ 300
Mg	ppm	≤ 1,500
Na	ppm	≤ 300

Características generales:

Formula:	MnSO ₄ .H ₂ O
Peso Molecular:	168.94
Apariencia:	Polvo blanco con ligera coloración rosa, olor característico. Higroscópico
CAS N°	10034-96-5
Solubilidad	Soluble en el Agua

Presentación estándar:

Bolsones de big bag de una (1) tonelada.

Recomendaciones de Seguridad:

Por favor refiérase a la hoja de datos de seguridad de materiales (HDSM).

Aplicaciones:

Este producto puede ser usado para alimentación animal (piensos, aditivos o premezclas); bajo las recomendaciones e instrucciones de un Ingeniero Zootecnista.

También puede ser aplicado a todo tipo de cultivo y en cualquier zona climática en condiciones naturales o de invernaderos; bajo las recomendaciones e instrucciones de un Ingeniero Agrónomo.

Condiciones de Almacenamiento:

Almacenar por 18 meses a partir de la fecha de producción en un lugar seco, bajo techo, a temperatura ambiente, protegido contra el sol y la lluvia para evitar que el producto se endurezca.

Anexo 5. Continuación

	FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO SULFATO DE MANGANESO MONOHIDRATADO CALIDAD PREMIUN	Área de Responsabilidad Comité SIB	
		Versión 02	Pag. 2 de 2

Actividades de entrega:

- Los bolsones (Big Bag) de Sulfato de Manganeso Monohidratado serán pesadas y codificadas de acuerdo al **P-RSE-CR-02.01 CODIFICACIÓN Y CONTROL DE PRODUCCIÓN DEL MnSO₄.H₂O** para posteriormente ser almacenadas de acuerdo al **P-RSE-CR-03.01 ALMACENAMIENTO DE LOTES MnSO₄.H₂O**.
- *En caso de incumplimiento a las especificaciones mencionadas en la "ficha técnica del producto final: "Sulfato de Manganeso monohidratado", este se debe tratar de acuerdo a lo establecido en el: ANEXO 1: IDENTIFICACION Y CONTROL DE PRODUCTO NO CONFORME, del procedimiento P-COR-10.01 Gestión de No Conformidades.*
- El Jefe de Control de Calidad y Laboratorio, dará las instrucciones de carga y despacho de acuerdo a los requerimientos de Comercialización según el: **P-RSE-LQ-08.02 Despacho de Lotes de Sulfato de Manganeso Monohidratado** y el **P-RSE-LQ-08.03 Exportación de Lotes de Sulfato de Manganeso Monohidratado**
- Finalmente en la "**Guía de despacho**" por camión será registrado: datos de la empresa transportista, fecha, lugar de destino, cantidad y peso neto total de la carga final.

Requisito legal y reglamentario asociado:

- Ley 29783, Ley de la Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo DECRETO SUPREMO N° 005-2012-TR

Requisito adicional:

- La empresa transportistas deben contar con las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (HDSM) del Sulfato de manganeso monohidratado.

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)

Anexo 6. Sulfato de Manganeso obtenido sin valor comercial

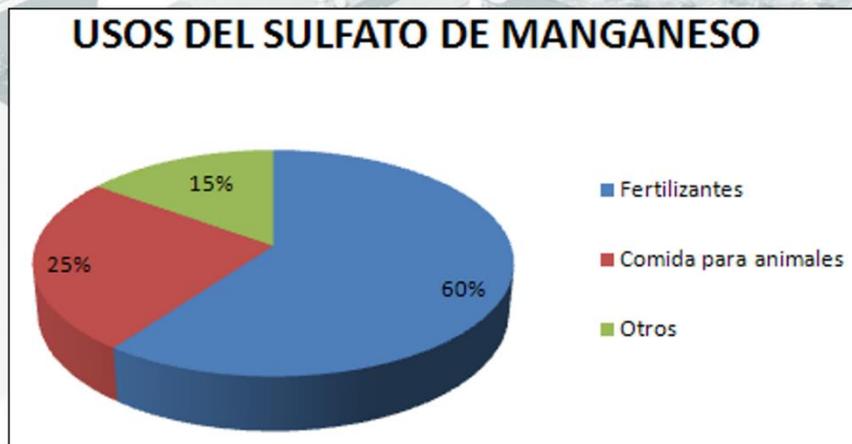


Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)



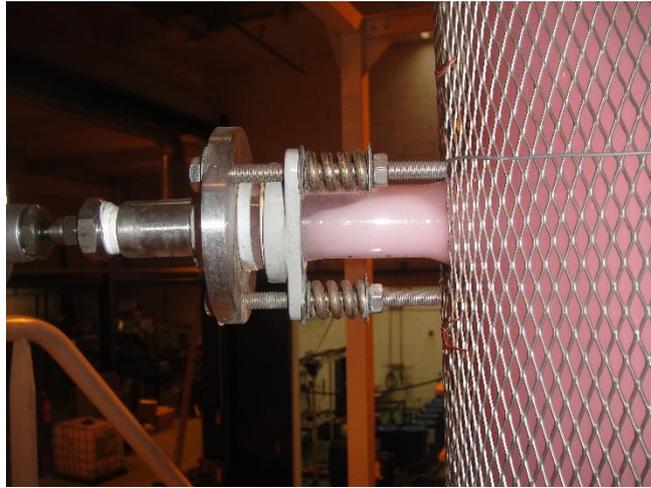
Anexo 7. Usos del Sulfato de Manganeso Monohidratado**Mercado****Sulfato de Manganeso**

- Distribución de mercado
- 60% para fertilizantes
- 25% para comida de animales
- 15 % para varios usos en la industria



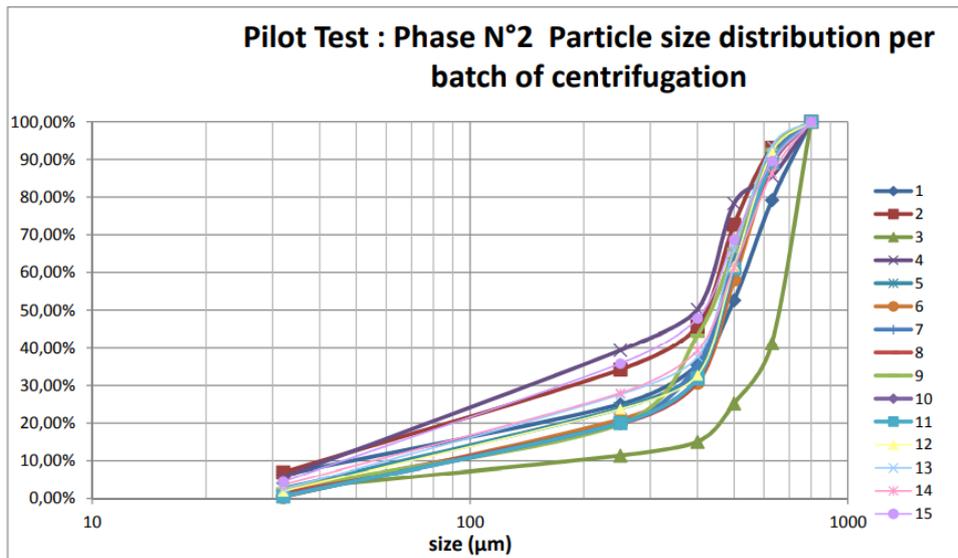
18

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)

Anexo 8. Registro fotográfico de pruebas piloto**Vistas Planta Piloto en GEA (Francia)****Cristales de Yeso - Lazo 1****Cristales de $MnSO_4 \cdot H_2O$ – Lazo 2**

Fuente: Gsell (2011)

Anexo 8. Continuación



Fuente: Gsell (2011)

De acuerdo a los resultados de la prueba piloto, el 80% de los cristales obtenidos de Sulfato de Manganeso Monohidratado ($MnSO_4 \cdot H_2O$) tenían en promedio un tamaño de 600 micrones.



Anexo 9. Presupuesto Planta Río Seco

PRESUPUESTO PLANTA INTEGRAL RIO SECO

	USD MM SIN IGV
- GASTOS INVERSION EJECUTADOS	67,296
- GASTOS PREOPERATIVOS EJECUTADOS	2,764
- GASTOS ACTIVOS FIJOS COMPRADOS	35,392
- OTROS GASTOS	2,531
- PRESUPUESTO APROBADO	107,982

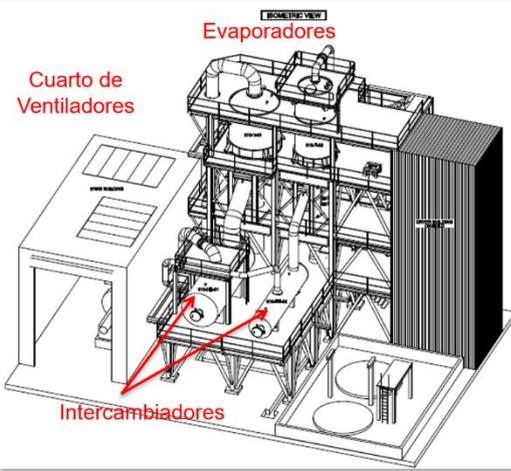
Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)

Presupuesto contrato con GEA

CONTRATO GEA KESTNER



Planta Evaporación & Cristalización



Partida	Monto (\$)
Licencia e Ingeniería	1,783,765
Equipos	5,588,800
Servicio Técnico	123,000
Total	7,495,565

**Capacidad = 22,000 TM/año
GEA KESTNER**

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)

Nota 1: Los \$7.5 millones de la Planta de Cristalización están incluidos dentro del presupuesto integral de \$108 millones.

Nota 2: Los \$7.5 millones de la Planta de Cristalización (Contrato con GEA) no incluyen los costos de obras civiles, montaje, estructuras, tuberías, cableado eléctrico y cableado instrumental.

Anexo 10. Estado de Ganancias y Pérdidas proyectado durante la evaluación del proyecto

Procesadora Industrial Rio Seco
Evaluación del Proyecto
Estado de Ganancias y Perdidas Proyectado

Año		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Ventas	US\$ 000'	11,593	17,390	23,038	213,286							
Ingreso por Maquila	US\$ 000'	6,519	9,778	12,954	12,954	12,954	12,954	12,954	12,954	12,954	12,954	119,926
Venta de MnSO4.H2O	US\$ 000'	5,075	7,612	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	93,360
Costo de Ventas	US\$ 000'	5,432	8,148	10,795	99,938							
Utilidad Bruta	US\$ 000'	6,161	9,241	12,243	113,347							
Gastos Administrativos	US\$ 000'	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastos de Venta	US\$ 000'	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Depreciación y Amortización	US\$ 000'	7,305	7,305	7,305	7,305	7,305	1,383	1,383	1,383	1,383	1,383	43,445
Intereses	US\$ 000'	3,675	3,383	3,076	2,754	2,416	2,061	1,688	1,296	885	453	
Utilidad Operativa	US\$ 000'	-4,820	-1,447	1,862	2,184	2,522	8,799	9,172	9,564	9,975	10,406	48,217
Impuesto a la Renta	US\$ 000'	-	-	558	655	757	2,640	2,752	2,869	2,992	3,122	16,345
Participaciones	US\$ 000'	-	-	56	66	76	264	275	287	299	312	1,634
Utilidad Neta	US\$ 000'	-4,820	-1,447	1,247	1,463	1,690	5,895	6,145	6,408	6,683	6,972	30,237

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)



Anexo 11. Montaje de la Planta de Cristalización



UNIVERSIDAD DE PIURA



Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)

Capítulo 2. Teaching note

2.1. Objetivos académicos

El objetivo principal del caso es aprender a tomar decisiones utilizando la metodología o herramientas estudiadas en el curso de Análisis de Situaciones de Negocios.

- Aprender a diferenciar el “problema” de los “síntomas” que el caso señala.
- Identificar el modelo de negocio de la empresa a través del análisis de los impactos en los principales actores vinculados al caso.
- Entender el impacto que tiene el nivel de detalle y aseguramiento de la calidad de información en los proyectos.
- Evaluar los costos que implican para el modelo de negocio de la empresa el no tener corregido el problema de cristalización.
- Evaluar y comparar las alternativas de solución considerando los efectos de corto, mediano y largo plazo.
- Proponer un plan de acción factible de implementar y ejecutar la solución elegida.
- Evaluar el impacto de la alternativa seleccionada en los tres niveles de la organización.

Este caso puede ser desarrollado en una sola sesión en el curso de Análisis de Situaciones de Negocio (ASN).

Se espera que el beneficio para el estudiante sea evaluar y comparar las alternativas usando el método del caso en una operación industrial, de modo tal que evalúe el impacto de cada alternativa y desarrolle un plan de acción factible.

2.2. Síntomas del caso

- No está estabilizada la producción de Sulfato de Manganeso Monohidratado (última etapa del proceso), creando un cuello de botella porque no puede procesar las soluciones generadas en las primeras etapas del circuito operativo.
- El contrato no consideraba detalles técnicos mínimos que debía cumplirse una vez implementada la planta por GIS de modo que exista una penalidad asociada.
- Capacidad de almacenamiento de soluciones en su límite máximo.
- Se requiere rediseñar la parte final del circuito de cristalización.
- No existe experiencia local en el diseño de la planta de producción de Sulfato de Manganeso.
- Alto riesgo de que no se establezca la planta y se pierda la inversión.
- Probable impacto en el prestigio de la casa matriz (BUENAVENTURA), esto si no completa el proceso en RIO SECO.

2.3. Preguntas sugeridas

Las preguntas sugeridas se dan como referencia para iniciar la discusión del caso. Permite analizar las implicancias de la problemática del caso:

- ¿Cuál es el modelo de negocio?
- ¿Qué decisión se debe tomar?
- ¿Cuáles serían los impactos en Río Seco y en Buenaventura con la decisión tomada?
- ¿Qué pasaría con RIO SECO si no se corrige el proceso en la Planta de Cristalización?

2.4. Análisis de la situación del negocio

El presente análisis que se desarrolla en este apartado es para ayuda del instructor y no para que lo realice el alumno.

2.4.1. Análisis del sector

“El sector minero creció en el Perú hasta el 2010, para luego dar paso entre el 2011-2012 al fin del boom de los ‘commodities’; esto principalmente se debió a la desaceleración de la economía china” (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2016).

En la siguiente figura se aprecia que “entre el 2011 y 2012 se produjo la transición de altos precios mineros, a una etapa decreciente en los precios” (MINEM, 2016).

Figura 1. Índice de precios de los metales preciosos

Año	Cobre	Oro	Zinc	Plata	Plomo	Estaño
	Ctvs. US\$/lb.	US\$/Oz. Tr.	Ctvs. US\$/lb.	US\$/Oz. Tr.	Ctvs. US\$/lb.	Ctvs. US\$/lb.
2004	130.11	409.30	47.50	6.69	40.20	409.40
2005	167.09	444.86	62.70	7.34	44.30	360.90
2006	305.30	604.17	148.75	11.58	58.50	419.49
2007	323.25	695.08	147.18	13.39	118.42	679.50
2008	315.32	872.27	84.82	15.06	94.56	864.53
2009	234.22	972.37	75.25	14.69	78.30	641.51
2010	341.98	1,224.48	97.92	20.16	97.41	954.13
2011	399.66	1,571.05	99.36	35.34	108.76	1,215.90
2012	360.59	1,668.00	88.29	31.15	93.50	989.60
2013	332.12	1,409.69	86.60	23.79	97.12	1,041.43
2014	311.26	1,265.60	98.18	19.06	95.07	1,023.05
2015	249.82	1,160.07	87.71	15.72	81.07	729.97

Fuente: Ministerio de Energía y Minas [MINEM] (2016)

Cabe mencionar que el Sulfato de Manganeso Monohidratado se usa ampliamente como producto final en fertilizantes y alimentos para animales, así como un producto intermedio en la industria química; la producción y demanda mundial en el 2010 se muestra a continuación.

Figura 2. Producción y Demanda Mundial del Sulfato de Manganeso Monohidratado.

Producción Mundial	
País	TM / año
China	130,000
México	30,000
Bélgica	20,000
Colombia/Argentina	10,000
India	10,000
Otros	30,000
TOTAL	230,000

Producción Mundial de 230,000 TM / año

Demanda Mundial	
País	TM / año
América del Norte	130,000
Europa	50,000
China	20,000
Otros	30,000
TOTAL	230,000

Demanda Mundial de 230,000 TM / año

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura (2013)

“El Perú es uno de los principales productores de minerales en Latinoamérica; en el periodo del 2011 al 2014 se consolidó como el principal productor de oro, plomo y zinc, así mismo como el segundo mayor productor de Plata y cobre de Latinoamérica” (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería [Osinermin], 2016).

“El desarrollo económico del Perú es influenciado directamente por el sector minero, ya que repercute en la inversión, en las exportaciones, en la recaudación tributaria, en el empleo y en el PBI del país” (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería [Osinermin], 2016).

Cinco Fuerzas de Porter

“Tomar conciencia de estas cinco fuerzas puede ayudar a una empresa a comprender la estructura del sector en el cual compete y elaborar una posición de sea más rentable y menos vulnerable a los ataques.” (Porter, 2008).

- Rivalidad entre los competidores existentes (BAJA): no existe competencia directa para RIO SECO tanto para el servicio de maquila como la producción de Sulfato de Manganeso Monohidratado.
- Poder de negociación de los proveedores (ALTA): el único proveedor es la mina Uchucchacua la misma que pertenece a la casa matriz BUENAVENTURA. La mina puede seguir con su modelo actual de negocio, sin considerar a RIO SECO.
- Amenaza de ingreso de nuevos competidores (BAJA): los altos costos de operación e inversión hace que en el sector no sea fácil ver nuevos competidores.
- Amenaza de productos sustitutos (BAJA): para el servicio de maquila no hay sustitutos, y para el Sulfato de Manganeso Monohidratado los sustitutos son los fertilizantes. El Manganeso es considerado como un micronutriente en la industria agrícola.
- El poder de negociación de los clientes (ALTO): en el servicio de maquila el cliente es igual al proveedor, mientras que en la comercialización del Sulfato de Manganeso

Monohidratado los clientes compran grandes volúmenes de productos a varias empresas ya establecidas en el rubro.

Por lo que se aprecia se trata un negocio cerrado y sin competencia directa ya que se crea por Buenaventura para cubrir una necesidad específica de la empresa.

2.5. Modelo de negocio

Río Seco fue concebida por Buenaventura como respuesta a las altas penalidades que estaba pagando por las altas leyes de Mn en sus concentrados de Plomo y Plata provenientes de la Mina Uchucchacua.

Durante la evaluación financiera de este proyecto, la TIR de Río Seco llegó sólo a 5% en sus mejores escenarios, por lo que, en otras circunstancias, este no hubiese sido considerado como un proyecto rentable, pero su efecto en el negocio de venta de concentrados de Buenaventura era inmediato.

Fue por ello, que el proyecto fue aprobado por el Directorio de Buenaventura debido a que los principales beneficios que significaba Río Seco eran los siguientes:

- Eliminación de penalidades por alto contenido de Mn en los concentrados de Plomo y Plata que vende actualmente la mina.
- Incremento del valor comercial de este concentrado hasta en un 38% debido a la mejor ley de Plomo, Plata y Zinc.
- Mejor flexibilidad en blending con concentrados de otras operaciones para mantenerse siempre debajo del límite de penalidades en la venta de concentrados.
- Incorporación como "Reservas" a las minas de Uchucchacua que tenían altas leyes de Manganeso. Antes de Río Seco, estas zonas (como Mina Socorro - Zona de Alabandita, por ejemplo), no eran consideradas si quiera dentro de las Reservas Potenciales porque no era posible obtener concentrados con valor comercial en la Planta Concentradora de la Mina.
- Incremento del valor bursátil de Buenaventura por el incremento de nuevas reservas de Plomo y Plata en Uchucchacua.
- Incremento del tiempo de vida de la mina.
- Mejores condiciones de negociación en la venta de concentrados con alta ley de Manganeso.
- Incorporación de nuevos proyectos a la cartera de Buenaventura que antes no habían sido considerados por sus altas leyes de Manganeso.
- Prestigio corporativo por la innovación y cuidado al medio ambiente que significaba este proyecto, además de lograr una sinergia entre la industria y la minería, puesto que en

Río Seco se obtenía un fertilizante para uso agrícola a partir de impurezas metálicas en concentrados mineros. El proceso de Río Seco fue concebido con una ingeniería tal, que los efluentes industriales eran cero.

2.5.1. Estimaciones económicas

- Ingresos Unitarios de Río Seco

A partir de datos Anexo 10 (se toman datos de operación estable).

Tabla 1. Ingresos Unitarios de Río Seco.

			Capacidad	P.U \$/TM
Ingreso por Maquila	12.95	millones/año	49,266	263
Ingreso por Venta MnSO₄.H₂O	10.08	millones/año	22,000	458

Fuente: elaboración propia

Los datos de capacidad se encuentran en el texto del caso.

Ingresos Unitarios (\$/TM) = Ingresos/Capacidad.

- Valorización comparativa del concentrado que ingresa a Río Seco (el que viene de Mina) vs el concentrado que produce Río Seco (el dueño del concentrado siempre es Buenaventura).

Tabla 2. Valoración comparativa del concentrado.

	PRECIO DE CONCENTRADO (Dato Anexo 4)		Valor	
	Contenido de Mn (%)	Precio de Concentrado (\$/TM)	Producción (TM/año)	Millones \$ / año
INGRESA	16%	4,100	49,266	\$202
SALE	2%	6,651	34,486	\$229

Fuente: elaboración propia

Precio Concentrado (\$/TM) * Producción (TM/año) = Valor Concentrado

De la tabla anterior, el beneficio para Buenaventura por el tratamiento de los concentrados que actualmente genera la mina es de \$27 millones.

- Puesta en marcha de Mina "Socorro"

a) Contenido de Mn en concentrado a partir del mineral

RC (mina) = 25 (datos del Anexo 4)

Incremento Mn = 60% (datos del Anexo 3)

Tabla 3. Contenido de Mn en Concentrado a partir del Mineral

	Datos del Anexo 4	Conversión (Anexo 3)	Datos del Anexo 4
	TCS	TM	% Mn
Cabeza	4,800,051	4,354,510	13.6%
Concentrado	192,002	174,180	21.8%

Fuente: elaboración propia

El valor de Mn en el concentrado final es 21.8%. Se obtiene utilizando la metodología descrita en el pie de página N° 27 (Anexo 3):

$$13.6 * (1 + 0.6) = 21.8$$

b) Valor de Mina "Socorro" para Buenaventura

RC (Río Seco) = 1.6 (datos del Anexo 4)

Tabla 4. Valor de Mina "Socorro" para Buenaventura

	CONCENTRADO (Datos del Anexo 4)		(Del cuadro anterior)	Valor
	Contenido de Mn (%)	Precio - \$/TM	Producción (TM/año)	Millones \$/año
INICIAL	22%	4,045	174,180	\$704 ⁽¹⁾
FINAL	2%	6,651	108,863	\$724 ⁽²⁾

1) Este valor es el que BVN actualmente deja de ganar porque no puede procesar estos minerales

2) Este es el valor que genera Río Seco para BVN por el procesamiento de Mina Socorro (que en el momento del caso es una zona que no puede ser explotada)

Fuente: elaboración propia

El concentrado que sale de Río Seco se calcula de la siguiente forma:

$$174,180 / RC_{\text{Río Seco}} = 174,180 / 1.6 = 108,863$$

Valor de concentrado = Precio \$/TM * Producción (TM/año)

En resumen, para Buenaventura, el beneficio económico total era el mostrado.

Tabla 5. Beneficio económico total para Buenaventura

\$136.81 millones	Por el tratamiento actual durante 5 años
\$724.00 millones	Por el tratamiento futuro de Mina Socorro durante 5 años
\$860.82 millones	Beneficio total en 5 años
\$172.16 millones	Beneficio anual estimado

Fuente: elaboración propia

Se considera un horizonte de 5 años, debido a que es el tiempo en el que se estima explotar la Mina Socorro en su totalidad. Este plazo es dato del caso (Anexo 3).

2.5.2. *Inversión necesaria*

Las alternativas que se manejaban en ese momento eran:

- Modificación del circuito en la parte final de la Planta de Cristalización (Propuesta del equipo de Operaciones de Río Seco).
 - ✓ El costo de esta propuesta era aproximadamente \$3 millones que Río Seco debía pedir prestado a Buenaventura.
 - ✓ Se incluían costos de inversión en compra de equipos y construcción de instalaciones complementarias adicionales.
 - ✓ Se proyectaba un plazo de implementación y puesta en marcha de seis meses.
 - ✓ Este préstamo debía pasar por la aprobación del Directorio.
- Envío del Sulfato de Manganeso Monohidratado sin valor comercial a la mina para ser almacenado en su relavera (Propuesta de un sector del área operativa de Buenaventura).
 - ✓ Mantenía operando la planta de cristalización y no requiere inversión adicional.
 - ✓ La mina tendría que asumir los costos de transporte en camiones herméticos y descarga en su relavera.
- Venta de la solución líquida (purificada) de Sulfato de Manganeso a empresas extranjeras (Propuesta de un sector del área comercial de Buenaventura).
 - ✓ Eliminaba el costo de operación de la Planta de Cristalización (tendría que cerrarse) y no requería inversión adicional.
 - ✓ Se requería una inversión inicial de \$100mil para hacer las modificaciones estructurales necesarias para implementar un nuevo sistema de despacho de la solución líquida.

- ✓ En este caso, el cliente tendría que enviar sus cisternas o IBC30 para su almacenamiento y envío al puerto.

Todas estas propuestas se habían debatido en algunas reuniones corporativas con presencia de algunos vicepresidentes y el CEO de Buenaventura. Aún no se había llegado a un consenso, pero había una marcada presión por parte de la mina en llegar a una solución cuanto antes que le permita seguir maquilando sus concentrados o, en su defecto, volver a su sistema tradicional de venta del concentrado.

2.5.3. Competencia

Río Seco es una planta de manufactura que brinda servicios de maquila a las unidades mineras de Buenaventura; asimismo su Planta de Cristalización del Sulfato de Manganeso Monohidratado es única en el Perú por lo cual no tiene competencia directa a su producto final. Tampoco existen industrias afines, como la producción de MnO₂ o Mn metálico.

2.5.4. Propuesta de valor al cliente

La propuesta de valor al cliente principal (BUENAVENTURA) es el incremento del valor de mercado de los concentrados de plomo y plata provenientes de la mina Uchucchacua.

Igualmente, la propuesta de valor para los clientes que consumen el producto final (Sulfato de Manganeso Monohidratado) se basa en entregar un producto de alta pureza; para estos últimos la imagen que brinda el prestigio de la casa matriz (BUENAVENTURA), hace que la planta de RIO SECO sea más confiable en el mercado.

La calidad del producto final (Sulfato de Manganeso Monohidratado), tiene un grado de pureza adecuado para los siguientes usos: producción de dióxido de manganeso y producción de manganeso metálico a un precio competitivo.

2.5.5. Capacidad de producción comercial

Al momento del caso la producción de Sulfato de Manganeso Monohidratado (sin valor comercial) oscilaba entre cero y 20 toneladas diarias. La planta de Cristalización tenía una capacidad de producción comercial de 60 tm/día.

La planta de cristalización recibía 250 m³/día de solución de sulfato de manganeso. La planta de Lixiviación tenía una capacidad de procesamiento de concentrado de 131 TM/día y una capacidad de producción de 80 TM/día de concentrado con baja ley de manganeso. La planta de ácido sulfúrico tenía una capacidad de producción de una 60 TM/día.

2.5.6. Requisitos legales

Río Seco no es una unidad minera, es una planta de manufactura creada para brindar servicios de maquila a la unidad de Uchucchacua (propiedad de Buenaventura), por lo que se encuentra bajo la

³⁰ Son tanques plásticos de 1000 litros de capacidad. Sirven para transportar líquidos industriales para su venta.

jurisdicción del Ministerio de la Producción (PRODUCE), quien es la responsable de revisar y aprobar (o denegar) las solicitudes ambientales que realice. También se encarga de realizar las inspecciones y fiscalizaciones ambientales correspondientes.

Todas las modificaciones que Río Seco necesita realizar ya sean para modificar la Planta de Cristalización o regresar el Sulfato de Manganeso Monohidratado sin valor comercial a mina se debía realizar a través de una solicitud en el PRODUCE, quienes debían revisar y aprobar un expediente técnico denominado "Informe Técnico Sustentatorio" o ITS. La elaboración de este expediente podía tomar entre tres y cuatro semanas y debía ser firmado por una Consultora Ambiental acreditada en el PRODUCE.

Esta aprobación podía durar entre dos y seis meses, dependiendo de las observaciones que hiciera el PRODUCE.

2.5.7. ¿Qué sucede si no se hace el cambio en el proceso?

Si no se corrige el problema operativo en la Planta de Cristalización, se esperan las siguientes consecuencias:

- Reducción de la capacidad de tratamiento de la Planta de Lixiviación y, por lo tanto, reducción en la capacidad de tratamiento (maquila) del concentrado de Plomo y Plata.
- Falta de capacidad de almacenamiento de concentrado, por lo que la mina se vería forzada a no enviar camiones con el concentrado a Río Seco o venderlos directamente, asumiendo la penalidad por el contenido de Manganeso.
- Incremento en los costos de operación de Río Seco, por lo que tendría pérdidas continuas.
- Incumplimiento de contrato con la mina en cuanto al compromiso mensual de tratamiento (maquila) de su concentrado de Plomo y Plata.
- En el mediano plazo, Río Seco podría enfrentar un cierre parcial o total, y posterior venta corporativa, debido a que no tendría capacidad de maquila para la producción de concentrados de la mina y, por lo tanto, no estaría cumpliendo su objetivo corporativo.

2.6. Problema u Oportunidad

Ante una falla en el diseño de ingeniería en la Planta de Cristalización y la falta de producción comercial de Sulfato de Manganeso Monohidratado, la operación de la planta se convierte en una oportunidad para demostrar a la casa matriz que Río Seco es capaz de darle valor agregado a los productos de la empresa y, sobre todo, de poder hacer los cambios necesarios que, de manera similar, el proceso exigiría para ampliar el negocio y poder tratar en el futuro concentrados de otras unidades mineras, propias o no de Buenaventura.

2.7. Alternativa y Criterios

Para el análisis de las alternativas planteadas se toman como referencia de análisis los siguientes criterios:

- (1) Económico. Referido al costo de inversión de Río Seco para implementar la alternativa.
- (2) Impacto en Río Seco. Referido a las consecuencias inmediatas y/o futuras para Río Seco con la implementación de la alternativa.
- (3) Impacto en Buenaventura. Referido a las consecuencias inmediatas y/o futuras para Buenaventura con la implementación de la alternativa.
- (4) Capacidad de Producción. Referido a los impactos directos sobre la capacidad nominal de producción de la planta, que fue diseñada para producir 60 tm/día de Sulfato de Manganeso Monohidratado.
- (5) Requisitos Legales. Referido a los requerimientos y/o permisos que se necesita tener para implementar la alternativa
- (6) Comerciales. Referido a las facilidades para vender los productos obtenidos con la implementación de la alternativa.



Alternativa 1**No hacer nada**

Las consecuencias se describen en el apartado 2.3.8.

a) Económico

No requiere inversión adicional por parte de Río Seco.

b) Impacto en Río Seco

- Pérdida de cuota de mercado: Ya no se produce Sulfato de Manganeso Monohidratado con valor comercial.
- Eliminación de ingresos por la venta de Sulfato de Manganeso, se afecta el flujo de caja.

c) Impacto en Buenaventura

- Continuidad del procesamiento del concentrado actual que se obtiene en la mina Uchucchacua con alto contenido de Manganeso.
- No hay posibilidad de explotación de la zona llamada Mina Socorro en Uchucchacua.
- Buenaventura dejaría de lograr el beneficio de \$860 millones en 05 años.

d) Capacidad de Producción

- La producción de Sulfato de Manganeso Monohidratado comercial sería nula por falta de cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos.
- Disminución progresiva de la capacidad de tratamiento del concentrado hasta ser nula.

e) Requisitos Legales

No requiere permisos adicionales.

f) Comercial

- Se mantiene las mismas condiciones y facilidades comerciales consideradas en el proyecto inicial.
- El producto de mala calidad se mantiene en los almacenes de Río Seco con la intención de ser rematados en el futuro.

Alternativa 2**Modificación del circuito en la parte final de la Planta de Cristalización**

Esta alternativa implica modificaciones al proceso y, por lo tanto, equipos nuevos, a partir del segundo lazo de cristalización. Los principales cambios y nuevas infraestructuras son:

- Reemplazo de la centrífuga por un filtro prensa
- Incorporación de un equipo de secado por contacto directo con aire caliente (spin flash dryer)
- Conversión de la “purga” en una línea de producción comercial de menor calidad. Esto incrementaba en 20 toneladas diarias la capacidad de producción.

- Construcción de tres pozas que funcionarían como grandes tanques temporales de almacenamiento de solución de Sulfato de Manganeso. En total, las tres pozas significaban una capacidad adicional de almacenamiento de 20,000 m³.
 - Estas modificaciones permitirían incrementar, además, la capacidad de 60 a 80 toneladas diarias de producción de Sulfato de Manganeso Monohidratado.
- a) Criterio Económico
- Estas modificaciones e incorporaciones significan una inversión de \$3 millones que debe prestar a la Buenaventura. Rio Seco debe realizar esta inversión en el lapso de dos meses para cumplir el cronograma del proyecto de mejora.
- b) Impacto en Rio Seco
- Continuidad de las Operaciones Industriales.
 - Incremento de cuota de mercado: Debido al incremento de producción nominal del Sulfato de Manganeso.
- c) Impacto en Buenaventura
- Continuidad del procesamiento del concentrado actual que se obtiene en la mina Uchucchacua con alto contenido de Manganeso.
 - Posibilidad de explotación de la zona llamada Mina Socorro en Uchucchacua.
 - Beneficio total de \$860 millones en 05 años.
- d) Capacidad de Producción
- Incremento de producción en Sulfato de Manganeso de 60TM a 80TM/día.
 - Incremento de la capacidad de tratamiento de concentrado: La mayor producción de Sulfato de Manganeso, implica un incremento en la capacidad de tratamiento de concentrado de la mina, que tiene capacidad adicional de diseño que contempla hasta un 20% adicional de tratamiento.
- e) Requisitos Legales
- Esta alternativa requiere la aprobación de un instrumento ambiental en el Ministerio de la Producción, que en este caso sería un Informe Técnico Sustitutorio.
 - Esta gestión tiene una duración de 03 meses.
- f) Comercial
- Se mantiene las mismas condiciones y facilidades comerciales consideradas en el proyecto inicial.

Alternativa 3**Envío del Sulfato de Manganeso Monohidratado sin valor comercial a la mina para ser almacenado en su relavera**

En esta alternativa el producto con exceso de humedad (tipo barro) obtenido se almacenaría temporalmente en una zona designada para luego ser enviado en camiones herméticos a la mina en donde sería almacenado junto con los relaves mineros.

a) Económico

- No requiere inversión adicional por parte de Río Seco. Todos los costos de transporte y almacenamiento serían asumidos por la mina.
- El caso describe el costo de transporte de este material a la mina sería asumido por Buenaventura. El costo estimado se calcula de la siguiente manera.

Tabla 6. Cálculo del costo estimado.

Costo de transporte adicional a mina	45.41	\$/TM	(dato del caso)
Producción estimada	20	TM/d	(dato del caso)
Costo total	27,246	\$/mes	

Fuente: elaboración propia

b) Impacto en Río Seco

- Pérdida de cuota de mercado: Ya no se produce Sulfato de Manganeso Monohidratado con valor comercial.
- Eliminación de ingresos por la venta de Sulfato de Manganeso, se afecta el flujo de caja.

c) Impacto en Buenaventura

- Continuidad del procesamiento del concentrado actual que se obtiene en la mina Uchucchacua con alto contenido de Manganeso.
- No hay posibilidad de explotación de la zona llamada Mina Socorro en Uchucchacua.
- Buenaventura dejaría de lograr el beneficio de \$860 millones en 05 años.

d) Capacidad de Producción

- La producción de Sulfato de Manganeso Monohidratado comercial sería nula por falta de cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos.
- Disminución progresiva de la capacidad de tratamiento del concentrado hasta ser nula.

e) Requisitos Legales

No requiere permisos adicionales.

f) Comercial

- El producto que es retornado a mina, lo hace en calidad de residuo.

- Buenaventura tendría que asumir el costo de los \$27mil mensuales por el transporte, lo cual genera resistencia en la mina por que incrementa sus costos.

Alternativa 4

Venta de la solución líquida (purificada) de Sulfato de Manganeso a empresas extranjeras

Esta alternativa plantea comercializar la solución de Sulfato de Manganeso purificada directamente hacia fabricante de productos derivados del Manganeso.

a) Económico

- Requiere una inversión inicial por parte de Río Seco de \$100,000 (dato del caso). Si de desea incrementar capacidad con tanques iguales a los existentes, la inversión sería de \$480,000 por cada tanque. Todos los costos de transporte y almacenamiento serían asumidos por el cliente que compre la solución de Sulfato de Manganeso.
- La planta de Cristalización queda fuera de servicio reduciéndose el costo operativo del presupuesto de Río Seco en \$250,000 (dato del caso).

Tabla 7. Ingresos por venta de solución

Solución generada de MnSO ₄ para venta	250	m ³ /día	(dato del caso)
Precio de venta de solución estimado	25	\$/m ³	(dato del caso)
Ingresos x venta de solución	187,500	\$/mes	

Fuente: elaboración propia

Es decir, el beneficio para Río Seco por vender directamente el Sulfato de Manganeso en forma de solución se detalla en la siguiente Tabla.

Tabla 8. Beneficio de vender directamente el Sulfato de Manganeso

Reducción Costo de Operación	250,000	\$/mes
Ingresos x venta de solución	187,500	\$/mes
Beneficio total	437,500	\$/mes
	5,250,000	\$/año

Fuente: elaboración propia

b) Impacto en Río Seco

- Reemplazo de cuota de mercado: Ya no se produce Sulfato de Manganeso Monohidratado con valor comercial. Este producto sería reemplazado por la solución purificada de Sulfato de Manganeso.
- Estabilidad de capacidad de tratamiento de concentrado: Con ventas continuas de esta solución no se proyecta efecto negativo sobre capacidad de tratamiento de concentrado

de la mina, que sería una función directa de la capacidad de almacenamiento de solución en la zona de tanques de Purificación.

c) Impacto en Buenaventura

- Continuidad del procesamiento del concentrado actual que se obtiene en la mina Uchucchacua con alto contenido de Manganeso.
- Posibilidad de explotación de la zona llamada Mina Socorro en Uchucchacua.
- Beneficio total de \$860 millones en 05 años

d) Capacidad de producción

- No hay producción de Sulfato de Manganeso Monohidratado.
- La capacidad de tratamiento de concentrado y de producción de solución de Sulfato de Manganeso es limitada a la capacidad de almacenamiento de ésta última.
- Para poder incrementar la capacidad de tratamiento del concentrado, se requiere incrementar la capacidad de almacenamiento de solución de Sulfato de Manganeso, por lo que se estima una inversión futura de \$480 mil por cada tanque de 800 m³ de capacidad.

e) Requisitos Legales

- Esta alternativa requiere la aprobación de un instrumento ambiental en el Ministerio de la Producción, que en este caso sería un Informe Técnico Sustitutorio.
- Esta gestión tiene una duración de 03 meses.

f) Comercial

- No existen compradores locales. Los compradores extranjeros solo están dispuestos a pagar \$25/TM. El precio real es de \$80/TM.

2.8. Evaluación de la alternativa

En la siguiente tabla se resumen los criterios e impactos de las alternativas que se pueden tomar en el caso.

Tabla 9. Evaluación de alternativas

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
	No hacer nada	Modificación del Proceso	Retornar Producto sin valor comercial a mina	Comercializar solución purificada de MnSO ₄ y dejar fuera de servicio la Planta de Cristalización
Inversión	0	\$3 Millones	0	\$0.1 Millones
Impacto en Rio Seco	En el corto plazo la operación tiene que parar por falta de capacidad de almacenamiento de solución de Sulfato de Manganeso	La planta continúa operando. Se incrementa la capacidad de tratamiento de concentrado y producción de MnSO ₄ .H ₂ O y los ingresos por su venta se mantienen en \$10.1 millones	En el corto plazo la operación tiene que parar por falta de capacidad de almacenamiento. Rio Seco deja de ganar \$10.1 millones	Deja de operar la planta de cristalización. La venta de la solución deja beneficios totales netos de \$5.3 millones anuales
Impacto para la casa matriz (Buenaventura)	Deja de ganar \$860 Millones (en los próximos 5 años). No puede explotar Mina Socorro	Genera \$860 Millones en los próximos 5 años. Explota mina Socorro. Las reservas oficiales de Uchucchacua se incrementan.	Beneficio en duda debido a que no se resuelve el problema. Asumir costo de transporte adicional con al menos un costo de \$27mil mensuales. No explota mina Socorro.	Genera \$860 Millones. Se explota mina Socorro
Capacidad de producción	La capacidad de producción de MnSO ₄ .H ₂ O y de tratamiento de concentrado disminuirá progresivamente hasta ser cero	Se incrementa de 60 a 80tmd la capacidad de producción de MnSO ₄ .H ₂ O. Debido a ello, la capacidad de tratamiento de concentrado también podrá expandirse	La capacidad de producción de MnSO ₄ .H ₂ O y de tratamiento de concentrado disminuirá progresivamente hasta ser cero	Capacidad de tratamiento de concentrado y de producción de solución de Sulfato de Manganeso es limitada a la capacidad de almacenamiento. Inversiones

				futuras de \$480 mil por cada tanque de 800 m3 de capacidad.
Requisitos legales	No aplica	Requiere un ITS (Produce) - 3 meses	No requiere	Requiere un ITS (Produce) - 3 meses
Facilidades comerciales	No aplica	Igual a la del proyecto.	La mina no desea recibir más tonelaje debido a los costos que le significa y la disminución de la capacidad de sus relaveras	No hay compradores locales. Los posibles compradores extranjeros no desean el producto debido a su baja concentración, ya que esto le significa transportar agua que finalmente tienen que evaporar en su proceso productivo, incrementando así sus costos de operación

Fuente: elaboración propia



Se establece la siguiente escala para la evaluación de las alternativas.

(1) Económico

Tabla 10. Evaluación económica

Costo
Requiere una inversión inicial superior a \$3 millones
Requiere una inversión inicial de \$1 a \$3 millones
Requiere una inversión inicial menor a \$1 millón
No requiere inversión inicial (\$ 0)

Fuente: elaboración propia

(2) Impacto en Río Seco

Tabla 11. Evaluación de Impacto en Río Seco

Valor	Significado
0	Cierre de planta en el corto plazo
1	Cierre de planta en largo plazo
2	Continuidad parcial de la operación
3	Continuidad total de la operación

Fuente: elaboración propia

(3) Impacto en Buenaventura**Tabla 12. Evaluación de impacto en Buenaventura**

Valor	Significado
0	No hay continuidad de envío de concentrados de Uchucchacua y sin posibilidad de explotación de “Mina Socorro”
1	Continuidad en el corto plazo de envío de concentrados de Uchucchacua y sin posibilidad de explotación de “Mina Socorro”
2	Continuidad en el largo plazo sólo de envío de concentrados de Uchucchacua y sin posibilidad de explotación de “Mina Socorro”
3	Continuidad de envío de concentrados de Uchucchacua y con posibilidad de explotación de “Mina Socorro”

Fuente: elaboración propia

(4) Capacidad de Producción**Tabla 13. Evaluación de capacidad de Producción**

Valor	Significado
0	Disminuye progresivamente
1	Sin cambios
2	Incrementa con inversión adicional proyectada en la alternativa
3	Incrementa sin inversión adicional proyectada en la alternativa

Fuente: elaboración propia

(5) Requisitos Legales**Tabla 14. Evaluación de requisitos legales**

Valor	Significado
0	Requiere permisos cuya duración de trámite es mayor a seis meses
1	Requiere permisos cuya duración de trámite es de tres meses a seis meses
2	Requiere permisos cuya duración de trámite es de tres meses o menos
3	No aplica o no requiere requisitos legales

Fuente: elaboración propia

(6) Comerciales**Tabla 15. Evaluación comercial**

Valor	Significado
0	No tiene barreras o dificultades en la comercialización de los productos
1	Las barreras o dificultades más importantes son originadas por los potenciales compradores
2	Las barreras o dificultades más importantes son originadas por la casa matriz o Río Seco
3	No aplica o no requiere

Fuente: elaboración propia

A partir del análisis resumido y valorización de los criterios detallado en cuadros anteriores, se construye en la siguiente tabla en donde se muestra el análisis cuantitativo de las alternativas.

Tabla 16. Análisis cuantitativo de las alternativas

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Criterios	No hacer nada	Modificación del Proceso	Retornar Producto sin valor comercial a mina	Comercializar solución purificada de MnSO ₄ y dejar fuera de servicio la Planta de Cristalización
Impacto en Río Seco	0	3	0	2
Impacto para la casa matriz (Buenaventura)	0	3	0	3
Capacidad de producción	0	3	0	2
Requisitos legales	3	2	3	2
Facilidades comerciales	3	3	2	1
Total	6	14	5	10

Fuente: elaboración propia

Tabla 17. Análisis económico de las alternativas

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Criterios	No hacer nada	Modificación del Proceso	Retornar Producto sin valor comercial a mina	Comercializar solución purificada de MnSO ₄ y dejar fuera de servicio la Planta de Cristalización
Inversión	\$ 0	\$3 millones	\$ 0	\$0.1 Millones

Fuente: elaboración propia

2.9. Decisión

Se espera que se incremente la presión por parte de la casa matriz para tomar una decisión en los próximos días, por lo que la solución a tomar debe ser una sostenible y de rápida implementación.

Desde ese punto de vista, la Alternativa 2 es la que ofrece la mejor opción para mantener la operación y objetivos de Río Seco, es decir, la que le permite a Buenaventura sostener, e incluso incrementar, la capacidad de tratamiento de los concentrados de Plomo y Plata con alto contenido de Manganeso, a la vez que proporciona la posibilidad de incrementar la capacidad de producción comercial de Sulfato de Manganeso Monohidratado. Por lo cual la inversión requerida se ve justificada por el costo/beneficio asociado.

Las alternativas 1 y 3, no resuelven el problema de la capacidad de tratamiento de concentrado y mantiene los costos de operación de la Planta de Cristalización sin obtener un producto comercial. Además, pone en riesgo la reputación, no sólo de Rio Seco, sino de Buenaventura, respecto a la generación de residuos, porque estaría convirtiendo su producto de valor agregado en un residuo de operación que debe ser almacenado como tal en una relavera minera. Esto es muy contraproducente para una empresa del rubro como minero, como lo es Buenaventura.

La alternativa 4, sin embargo, parece ser la mejor solución técnica y económica, porque no requiere inversión adicional muy alta, es de rápida implementación y con un nivel adecuado de venta de la solución de Sulfato de Manganeso, no debería ponerse en riesgo la capacidad de tratamiento del concentrado. Sin embargo, al no existir demanda local para esta solución, sino que es una demanda 100% extranjera, el producto pierde su valor agregado debido a la concentración de Sulfato de Manganeso que tiene, puesto que obligaría al cliente a llevar un gran volumen de agua que tiene que procesar o descartar, incrementando sus costos operativos, en cualquier caso.

Además, transportar grandes cantidades de este producto líquido, implica un gran esfuerzo logístico y económico. Si existiera demanda local suficiente, esta alternativa sería la mejor.

Luego de este análisis, se elige la alternativa 2: Modificación del Proceso.

2.10. Plan de acción

En base a la alternativa seleccionada, se plantea el siguiente plan de acción:

Corto Plazo (primeras 4 semanas)

- Elaborar el plan de inversión (en calidad de préstamo) y solicitar la aprobación de la Gerencia de Buenaventura.
- Seleccionar directamente, a través de logística corporativa, al contratista para realizar la construcción de las nuevas pozas para aliviar la presión de almacenamiento de la solución de Sulfato de Manganeso. Iniciar la construcción.
- Elaborar el plan de compra de los equipos nuevos y coordinar con el Corporativo la compra de emergencia de los mismos. Colocar las órdenes de compra respectivas.
- A partir de la información de los contratistas y proveedores, completar el expediente técnico para la elaboración del Informe Técnico Sustentatorio (ITS) a presentar en el Ministerio de la Producción.

Largo Plazo (Desde la semana 5 hasta la semana 24)

- Adelantar parcialmente el mantenimiento anual de la planta (contemplado en el contrato con Buenaventura).
- Esto implica dejar procesar concentrado por al menos tres semanas. Durante este tiempo, las plantas de Lixiviación y Ácido Sulfúrico entran a mantenimiento mientras

que la planta de Cristalización sigue operando para procesar el stock de solución de Sulfato de Manganeso.

- Realizar pruebas a nivel laboratorio del proceso desarrollado para validar los cálculos de ingeniería.
- Rematar el producto sin valor comercial. Puesto, que otros productores pueden disolverlo nuevamente y darle uso industria.
- Comisionar y poner en marcha el nuevo proceso en la Planta de Cristalización.

2.11. Desenlace del caso

(Información para el Instructor)

Luego de evaluar las ventajas y desventajas de cada alternativa, la Gerencia de Río Seco decidió aprobar el Plan de Acción propuesta por el área de Operaciones, es decir, se realizó la inversión en implementación de nuevos equipos, que incluyeron principalmente al Filtro prensa y un nuevo secador. Esto permitió incrementar la capacidad de producción de 60 a 90 toneladas diarias.

Adicionalmente, se construyeron las tres pozas que en total significaban una capacidad de 20,000 m³, que sirvieron para almacenar el excedente de solución de Sulfato de Manganeso mientras se implementaba el nuevo sistema.

El plan implementado real fue el siguiente:

1. Se usó un filtro prensa (nuevo) de similar capacidad al requerido ubicado en la Unidad de Orcopampa (otra unidad de Buenaventura, ubicada en Arequipa), ahorrando el tiempo de adquisición. El costo de adquisición fue el mismo que si fuera comprado directamente al proveedor.

Esto fue posible debido a que el proyecto de Orcopampa para el cual estaba destinado este equipo, si podía esperar los tiempos de llegada de otro filtro nuevo.

2. Gerencia autorizó la construcción de las pozas con mayor personal y maquinaria. Esto incrementó el costo del mismo en un 30%, pero se lograron terminar en 5 semanas. En paralelo se realizó el trámite de declaración de estos nuevos componentes en el Ministerio de la Producción, a través del instrumento "Informe Técnico Sustentatorio", que fue aprobado en 3 meses.

La necesidad inmediata de esta infraestructura fue comunicada al Ministerio de la Producción, por lo que inspeccionaron los avances, comprobando que las dimensiones declaradas y que no se afectaban zonas fuera de la huella ambiental declarada inicialmente en el Estudio de Impacto Ambiental aprobado.

3. El nuevo secador fue comprado a un proveedor chino que lo tenía en stock (se usó uno estándar, no personalizado), por lo que el tiempo de llegada fue de 4 semanas, iniciando pruebas pre-operativas 2 semanas después.

4. Luego de 4 meses se probó con éxito el nuevo circuito de operación. Con lo que la operación pudo mantenerse e incrementado su capacidad de producción de $MnSO_4 \cdot H_2O$.
5. El inventario de producto de mala calidad fue rematado a empresas extranjeras.



Conclusiones

El método del caso es una herramienta muy práctica para la toma de decisiones en problemas operativos industriales.

Es importante el análisis de las diferentes alternativas, desde diferentes perspectivas, para tener una visión más amplia de los efectos y consecuencias de la decisión final a tomar.

La decisión final no solo es un tema económico, sino también un tema estratégico corporativo. La alternativa 2 se eligió por ser la que mejor se alinea a la estrategia corporativa de la casa matriz (Buenaventura).

Los estudiantes podrán poner en práctica los conceptos de la metodología del caso que podrán aplicar luego en la toma de decisiones en sus respectivos rubros.



Listado de referencias bibliográficas

- Compañía de Minas Buenaventura. (2013). *Proyecto Río Seco. Planeamiento Corporativo Mayo 2013* [archivo PowerPoint].
- Gsell, M. (2011). *Study of Monohydrate Manganese Sulfate Crystallization. Test Report. GEA Process Engineering* para Cia. de Minas Buenaventura [archivo PDF].
- Ministerio de Energía y Minas [MINEM]. (2016). *Boletín estadístico del subsector minero*. Marzo 2016. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2068284/BEM03-2016.pdf.pdf>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería [Osinergmin]. (2016). *Mercado mundial, nacional, efectos derivados y visión de la minería*. (Reporte de análisis económico sectorial. Sector minería. Año 5 – Nº 6 – Agosto 2016). Osinergmin. https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/RAES/RAES-Mineria-Agosto-2016-GPAE-OS.pdf
- Procesadora Industrial Río Seco. (2014). *Ficha técnica del Sulfato de Manganeso Monohidratado Calidad Premium.v02*. [archivo PDF].
- Río Seco: un proyecto histórico que se hizo realidad. (2013, diciembre). *Revista Rumbo Minero*, (75), 14-23. <https://issuu.com/cvillenat/docs/rm75>

