

Viaje de Estudios por el Sur del País

Dr. Ing. Antonio Salas Casado

Director de Carrera de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales
Universidad Técnica de Oruro

Una delegación de 21 estudiantes de la Carrera de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales de la FNI realizó un viaje de estudios en visita a importantes empresas del sur del país como complemento a su formación profesional, oportunidad que sirvió para establecer no sólo el grado de desarrollo tecnológico que emplean dichas empresas y el nivel de competencias y capacidades que muestran nuestros ex alumnos en servicio de dichas empresas; sino también cuán importante es la industria minera para la economía nacional.

En este corto artículo transcribimos algunas de las experiencias acumuladas durante esas visitas facilitadas gracias a numerosas personas y ejecutivos que facilitaron nuestro viaje.

La Palca

Planta de volatilización de Sn construida cerca a Potosí con tecnología soviética, con una inversión cercana a los 200 millones de \$us, para una capacidad de 400 TPD, y actualmente paralizada desde 1984. Al momento de nuestra visita existían en la planta tan sólo personal de vigilancia y mantenimiento eléctrico. Se halla situada a 30 kms. de la ciudad de Potosí.

Esta planta, moderna en su época, fue construida para volatilizar preconcentrados de baja ley en Sn (superiores a 3% Sn), hoy en día no se aprovecha nada de la infraestructura instalada no obstante de que tiene instalado un gaseoducto y suficiente capacidad para producir energía termoeléctrica, ni se aprovechan los recursos humanos de técnicos y trabajadores experimentados que formaron parte de su plantilla.

Urge ocuparse de LA PALCA porque no puede quedar improductiva esa inversión, la única preocupación actual de COMIBOL por hacer remediación ambiental enterrando contenedores, debe ser complementada con estudios de re-utilización de estas instalaciones posiblemente para un nuevo uso, sea este en la metalurgia del zinc, de concentrados o sub productos complejos de Pb-Zn. Bien haría el Ministerio de Minas y Metalurgia en lanzar una convocatoria a proyectos de investigación para recibir propuestas.

Karachipampa

La Sociedad Complejo Metalúrgico Karachipampa fue organizada el año 1975, el consorcio belga alemán conformado por Klockner, INA, Sidech y Mechin S.A. realizó el financiamiento, suministró los equipos, e hizo la instalación, montaje y supervisión de la nueva planta de 51.131 TM/año de capacidad, que como avance tecnológico tiene el horno Kivcet. La planta se terminó de construir en 1977 y desde entonces hasta la fecha nunca entró en funcionamiento.

Actualmente la empresa Atlas Precious Metals, tiene un contrato de riesgo compartido con COMIBOL para la puesta en marcha de Karachipampa, sin embargo; se sigue reprogramando el inicio de operaciones, que de acuerdo a un reciente artículo de prensa posiblemente ocurra en los primeros meses del 2011, para lo cual APM proyecta invertir 85 millones de \$us.

El crédito para las inversiones totales de Karachipampa alcanzó a \$us 120 millones, que fueron transferidos al T.G.N. por el D.S. 21060; consecuentemente Karachipampa no tiene actualmente carga financiera.

Nuestra carrera participo el año 2002 de una comisión del Vice Ministerio de Minería, para el estudio de funcionamiento de este complejo como fundición de plomo - plata o su reconversión. Seguimos esperando que se haga realidad su puesta en marcha por la enorme importancia que tiene para el país el dar valor agregado a nuestras materias primas, que por ahora siguen siendo exportadas a pesar del notable incremento en la producción de concentrados de Pb, Ag.

Ingenio de Don Diego (Sinchi Wayra)

Es una planta de flotación de minerales de plomo - zinc que trata 400 TPD, con una recuperación en zinc del 94,66%, este elevado índice de rendimiento metalúrgico se debe entre otros factores al control automatizado de la planta que tiene molienda SAG controlado por PLC y software actualizado.

Se pudo apreciar en la visita guiada por el super intendente de la planta, Ing. Delfín Choque, el cuidado del medio ambiente con que opera la planta controlando la producción de polvo y depositando sus colas en una presa ambientalmente segura.

Planta de Procesos de Empresa Minera Manquiri S.A.

La planta de esta empresa esta situada en el departamento de Potosí, al sur de la ciudad del mismo nombre, a 3 Km en la carretera a Tarija, en las antiguas instalaciones de la planta PLAIPO que fue dependencia de COMIBOL.

La Planta de Minera Manquiri es una planta hidrometalúrgica de lixiviación de plata por cianuración en tanques con agitación mecánica, decantado en contra corriente sobre espesadores, precipitación de plata de las soluciones clarificadas mediante el proceso Merrill Crowe y refinación de plata. Tiene una capacidad de tratamiento de 5.000 TPD.

Esta planta procesa menas residuales de plata de baja ley imposibles de tratar por otros procesos, estas menas son desmontes, pallacos y sucos, materiales que han sido acumulados y almacenados durante siglos en las laderas del famoso Cerro Rico de Potosí.

Varios equipos importantes se reconocen en esta planta:

- Trituración de alta capacidad con una trituradora de mandíbulas Nordberg C3 de 950x1.250 mm.
- Trituradora tipo Roller para ROM ORE
- Molino SAG de 5 m x 6,8 m en circuito abierto, que recibe carga de cianuro y cal para cianuración temprana de los minerales de plata
- 6 tanques de cianuración por agitación de 17,5 m de diámetro por 18,5 m de alto
- Espesadores por lavado en contra corriente de 23 m de diámetro por 3 m de alto
- Planta Merrill Crowe para la precipitación de la plata disuelta mediante adición de polvo de zinc.

Adicionalmente esta planta se caracteriza por ser la primera planta industrial en Bolivia que utiliza el espesamiento en pasta para la deposición de sus colas de cianuración, y la construcción de diques totalmente impermeabilizados con liners para la deposición de colas en pasta y para la deposición de residuos no cianurados, con lo cual los cuidados ambientales para evitar contaminación de acuíferos han sido extremadamente aplicados.

Minera Manquiri S.A. se ocupa también de la recuperación del patrimonio minero colonial del Cerro Rico con la apertura y conservación de varias bocaminas coloniales.

Planta de Concentración de Porco

Ya en las últimas horas tarde del 12 de octubre llegamos a Porco a visitar la planta de flotación de minerales complejos, de 400 TPD de capacidad. Esta planta procesa menas

polimetálicas de Pb, Zn, Ag del centenario yacimiento de Porco.

El circuito empieza en el buzón plano que sirve de stock para el material extraído de la mina, y es alimentado sin triturar a un molino SAG que opera en circuito cerrado sobre tromel, el producto fino va a remolienda en un molino de bolas Marcy en circuito cerrado con ciclones CAVEX 500. Esta planta fue una de las primeras en utilizar la molienda semi autógena SAG, además de introducir una serie de avances tecnológicos como la flotación en columnas o las celdas Jameson; hoy en día varios de sus proyectos de ampliación y mejoras tecnológicas están paralizados, debido a una serie de indefiniciones sobre los precios de los metales, la continuidad del contrato de riesgo compartido con COMIBOL, el cambio de la empresa operadora COMSUR por SINCHI WAYRA y la competencia por mejores perspectivas que tienen técnicos y trabajadores en otras empresas. Sin embargo; quienes se quedan a diario deben emprender desafíos muy serios para mantener la continuidad de las operaciones, como el tema que nos tocó constatar debido a la acidificación del agua de recirculación del dique de colas, debido a una prolongada huelga de trabajadores que había concluido poco antes de nuestro arribo, pero que alteraba todo el circuito del ingenio por el cambio de pH, la selectividad en la flotación y la protección de la maquinaria.

Planta Piloto de Llipe Loma - Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni

Luego de varios contactos previos habíamos logrado concretar nuestra visita a la planta piloto de obtención de carbonato de litio en Uyuni. Variados eran los motivos que animaban nuestra visita, primero porque fue la UTO la primera universidad en enviar brigadas al Salar de Coipasa e iniciar una exploración de sus salmueras, luego porque fue en nuestros laboratorios donde se investigó nuevos procesos alternativos para la obtención de carbonato de litio considerando la complejidad de la composición de las salmueras, y porque en el marco de un convenio con COMIBOL (Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos de Bolivia) estamos apoyando las investigaciones actuales con nuestros técnicos y laboratorios. En ese contexto nuestro docente M. Sc. Ing. Fausto Balderrama junto a los técnicos de Llipe Loma recibió el premio Patujú, distinción del periódico El Deber de Santa Cruz por sus investigaciones.

Al llegar a Llipe Loma, grande fue nuestra sorpresa de encontrar un numeroso grupo de pioneros formado por estudiantes universitarios de la UMSA y la UTO, técnicos, obreros y personal de apoyo trabajando en condiciones muy severas, venciendo una serie de dificultades, muchas veces ocasionada por la burocracia, como cuando tuvieron que ir a Matilde a buscar casas prefabricadas semi destruidas, cuando existían casas nuevas encajonadas en algún otro almacén de COMIBOL, y ni que decir de la dificultad de comunicarse a pesar de que la propaganda en TV mostraba lo oportuno del celular en el salar. Proyectos de esta importancia bien merecen una mejor coordinación

intersectorial para allanar dificultades y alcanzar metas más rápidamente.

Cuando visitamos Llipe Loma, los tesisistas universitarios estaban investigando por un lado la cinética y la físico-química de la evaporación de las salmueras bajo las condiciones y clima del salar; y por otro lado, las técnicas necesarias para la construcción de las piscinas de evaporación dentro del mismo salar por la dificultad de bombear salmueras hasta la orilla.

Nos llamó la atención el esfuerzo que ponen los técnicos y trabajadores que en horarios fuera de sus turnos se capacitaban en cursos de electricidad y talleres, y la integración del personal del proyecto con la comunidad local, a quienes apoyan con la provisión de agua potable extraída de un pozo perforado de 54 m de profundidad.

Minera San Cristóbal

Nuestro viaje de estudios continuó luego a Minera San Cristóbal, que inició sus operaciones de explotación a cielo abierto de un yacimiento masivo de plomo-zinc situado en la provincia Nor Lipe del Dpto. de Potosí, a 91 km al sud oeste de Uyuni.

Técnicos de la empresa nos hicieron conocer lo que es la mina más grande de Bolivia, que arranca 150.000 toneladas de rocas por día, para obtener unas 50.000 toneladas de mineral que son alimentadas a su moderna planta de flotación completamente automatizada, donde se ha instalado un molino SAG de 39'x16' en circuito abierto, dos molinos de bolas de 15'x24' para la remolienda, molinos de torre para la remolienda de preconcentrados de plomo y zinc, celdas circulares de flotación Wenco de gran volumen, circuitos automáticos para el análisis de partículas y control de la molienda, alimentación de reactivos, muestreos etc., todos manejados por operadores nacionales y obreros calificados.

Igualmente significativos son sus circuitos de separación sólido-líquido en espesadores gigantes, y la deposición de colas en un enorme dique de colas con recuperación y recirculación de agua; incluso cuentan con una planta de osmosis inversa para la purificación de agua para usos específicos.

San Cristóbal es la sexta mina más grande de Zn y la tercera más grande en producción de Ag del mundo, genera 1.000 empleos directos, 3.000 empleos indirectos; paga 190 millones de \$us/año en impuestos, 45 millones en regalías mineras, 140 millones en contratos locales.

La planta concentradora situada a 3.860 m.s.n.m., además de tener tecnología y equipos de punta opera bajo control automático, como el sistema experto de molienda para optimizar la capacidad de molienda de la planta en diferentes condiciones, se basa en la lógica difusa (fuzzy logic) y opera en tiempo real. La aplicación de este sistema de simulación constituye una línea avanzada de tecnología en sistemas de control y manejo de operaciones en plantas de concentración

Hay muchas lecciones que debieran ser aprendidas por la realización de éste proyecto que las enumeramos sintéticamente:

- Considerar que en nuestro territorio tenemos yacimientos mineros que requieren de nueva tecnología y nuevas formas de prospección, explotación, gestión, inversión y administración distintas a las tradicionales.
- Verificada la existencia del depósito, necesidad de alentar y garantizar inversiones.
- Iniciado el proyecto buscar y lograr los sinergismos necesarios para la provisión de energía, comunicación, licencias ambientales y de operación para acortar el tiempo de inicio de operaciones y minimizar así los riesgos externos que pueden incidir en el proyecto.

Los anteriores comentarios los planteamos conociendo algunas de las etapas críticas por las que pasó este proyecto, que no lograba provisión de energía eléctrica y se pensaba incluso en contratarla de Chile, a quien más bien debiéramos proveerla.

Todos los demás servicios auxiliares de Minera San Cristóbal guardan proporción con la modernidad de la Empresa, desde el control computarizado de personal, pasando por el control por GPS del desplazamiento vehicular en caminos internos, hasta el ingreso a comedores, oficinas y demás dependencias de la empresa.

Parte de la política de la Empresa es su relacionamiento con las comunidades con quienes tienen varios programas vigentes, interés tuvimos en el apoyo a la producción de quinua, para lo cual proporcionamos a la empresa información sobre la técnica conocida como "sembrar agua" para hacer frente a períodos de sequía o lluvia extemporánea.

Fabrica de Acido Bórico de Tierra S.A.

Concluimos nuestras visitas técnicas con el viaje a las instalaciones de Apacheta a 5.020 m.s.n.m.; donde opera una fabrica de acido bórico industrializando ulexita que es extraída del salar de Capina.

Para la operación de ésta planta se utiliza energía térmica del único pozo de energía geotermal perforado por ENDE que es aprovechado actualmente; ya que los demás no han sido implementados hasta el nivel de explotación

El proceso de fabricación de ácido bórico es relativamente simple, consiste en un proceso hidrometalúrgico de lixiviación de ulexita en pulpa ácida caliente, separación sólido-líquido por filtración en filtros prensa, cristalización del acido bórico por enfriamiento de la solución y separación de los cristales por centrifugación. Las dificultades de esta industria radican en la carencia de ácido sulfúrico nacional por lo que debe ser importado de Chile; los reducidos márgenes de utilidad que dan el precio del acido bórico como producto terminado y del acido sulfúrico como insumo

principal, y principalmente la competitividad por los mercados internacionales del ácido bórico.

Estando en Apacheta tuvimos oportunidad de visitar el volcán Sol de Mañana, Laguna Colorada, jugar un fútbol de altura con los trabajadores y pasar muy cerca del Silala, a cuyos comunarios les transmitimos las experiencias de la granja PORCON en el Perú donde crían truchas en piscinas en vez de represas o estanques logrando alta rentabilidad, ya que nos enteramos de que desean implementar un proyecto de ese tipo pero se desanimaban por las grandes inversiones que demanda la construcción de una represa.

Retorno a Oruro

El retorno a Oruro fue también por carretera en un bus de la Universidad Técnica de Oruro y aprovechamos el viaje para visitar el Salar de Uyuni por la zona de los hoteles de sal en Colchani, ya en el salar nos enfangamos en una zona donde la costra de sal era muy delgada y culminamos nuestro viaje aprendiendo otras lecciones de vida como que la solidaridad entre los compañeros hace los malos momentos más llevaderos, que se debe recurrir por ayuda cuando se tiene dificultades que uno no puede resolver, y que no se debe creer en la propaganda porque no hay comunicación de celular en el salar.

Agradecimientos

Este interesante viaje no habría sido posible sin el apoyo y colaboración de muchísimas personas y empresas, y aun con

el riesgo de no mencionar a todas, por lo que pedimos excusas, deseamos agradecer las siguientes colaboraciones en el orden en que las fuimos recibiendo:

M. Sc. Ing. David Ismael Rojas, Rector de la universidad; Dr. Ing. Gerardo Zamora Echenique, Director de Investigación y Post Grado; Lic. Edwin Cortés, Ing. Miguel F. Valda e Ing. Juan Carlos Rioja, de Minera Manquiri S. A.; Dra. Vestí Miranda Pantoja de Complejo Metalúrgico Karachipampa; Ings. Justino Vera, Winston Medrano, Delfín Choque, Narciso E. Castaños, Guido Mallcu, de Sinchi Wayra; Paola Villena, Marcelo Castro y Guillermo Roelands, de Tierra S. A.; Ings. Juan Mamani, Mario Velasco, Gustavo Encinas, Lics. Paola Velasco, y Wilder Andrade de San Cristóbal.

La nómina de la delegación de Metalurgia que realizó este viaje de estudios es la siguiente:

Carla Aguilar Estévez, Nadesdha Aguilar Matías, Henry Bustos Salvatierra, Zider Condori Chambi, Alex Contaja Canaviri, Luciano Cruz Janco, Claudia Guarachi Sandy, Richard Lira Huanaco, Renato Chambi Colque, Amilkar Lucana Cayoja, Israel Mamani Calle, Melvin Maraño Salinas, Edgardo Monje Ordóñez, Evelin Pacheco Vía, Romer Quispe Choque, Franz Romano Gómez, Armando Sandoval Bascope, Claudia Soto Choque, Pedro Chambi Chino, Elsa Torrejón Mamani, Katherine Medina Cortés; Benedicto Lucana Cayoja, conductor del bus; Antonio Salas Casado, Docente jefe de la delegación.



Piscina experimental de evaporación del Salar de Uyuni.