



HISTORIA, PROCESOS, PRODUCCIÓN Y REDES METALÚRGICAS

Daniel Florencio Lovera Dávila

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas, Metalúrgica y Geográfica,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, e-mail: dloverad@unmsm.edu.pe, Lima, Perú.

Resumen

Las raíces metalúrgicas del Perú se remontan a las épocas pre incas donde el poblador andino logró el dominio de las más sofisticadas técnicas para fundir, alear, amalgamar, laminar, unir y soldar los metales. En esta revisión mostramos como la experiencia metalúrgica nacional se ha ido gestando para consolidarse en la actualidad en plantas industriales, procesos, formación de capacidades a nivel de pre y posgrado, investigaciones, publicaciones y redes metalúrgicas.

La vinculación a nivel de redes en la que participen las instituciones, empresas, universidades, institutos y centros de investigación; permitirá generar una sinergia para trabajar en equipo en el planeamiento y ejecución de proyectos con visión país: para la minería artesanal tan dispersada a nivel nacional, en el fortalecimiento de la debilitada mediana minería e incursionar en megaproyectos de gran envergadura para potenciar la industria química y metal mecánica nacional son los desafíos actuales que el país necesita con urgencia.

Palabras Clave: Metalurgia, I+D en metalurgia, procesos metalúrgicos, maestría en metalurgia, redes metalúrgicas.

La metalurgia prehispánica en América tuvo un proceso de desarrollo autónomo respecto a influencias extracontinentales. Estrictamente en Sudamérica, el centro vital del desarrollo habría estado en la región andina. La subregión nor-andina y los Andes centrales constituyeron polos de desarrollo de la metalurgia precolombina[1].

El Perú es un país minero por excelencia y las poblaciones que se asentaron en su territorio desarrollaron una larga tradición metalúrgica que se remonta a más de 10,000 años de antigüedad. Esta tradición se inicia con la extracción de minerales no metálicos como el cuarzo, riolita, toba, cuarcita y calcedonia; con la finalidad de elaborar instrumentos de caza, pesca y recolección; constituyéndose en la actividad minera más antigua de los Andes.

El poblador andino logró en dos mil años de experimentación, el dominio de técnicas para fundir, alear, amalgamar, laminar, unir y soldar los metales.

La técnica de la soldadura fue conocida por las denominadas culturas regionales (200-800 DC). Los estudios realizados sobre la cultura Moche por Walter Alva[2] en el sitio de Sipán, encontraron un conjunto de ofrendas trabajadas en diversos metales (oro, plata y cobre), evidenciando un trato naturista, exquisito y a la vez sofisticado en cada una de las piezas; además se reporta un amplio dominio de la técnica de soldadura en frío para unir los metales, a través de engrapes, traslapes, remaches y lengüetas; detalles técnicos que no restaron calidad y expresión artística a los múltiples ornamentos encontrados.

Con relación a las técnicas de aleación, se encontraron objetos de aleación binaria (oro-cobre, oro-plata) y aleación terciaria (cobre-plata-oro); lo que sugiere que los antiguos metalurgistas conocían en detalle los beneficios de la mezcla por calentamiento que disminuye su punto de fusión[3].

Está demostrado que el cobre arsenical fue útil para dar resistencia mecánica y evitar la deformación de los objetos elaborados con este material y en las aleaciones como núcleo en la obtención de cobre dorado[4].

En el periodo hispánico nuestro país tuvo el privilegio de realizar las primeras experiencias en



hidrometalurgia -técnica que consiste en el tratamiento de aguas de mina para extraer cobre-, llevadas a cabo por Alonso Barba en 1637. Pasaron muchos años hasta después de la independencia de España, 1848, cuando el químico Pedro Hugón instaló en Arqueta (Cajamarca) una planta de lixiviación usando el proceso Augustín.

En 1890, en Hualgayoc, se iniciaron los primeros ensayos de lixiviación, un año más tarde se instalaron dos talleres de lixiviación en Hualgayoc y Bambamarca.

En 1892, se instalan tres plantas de lixiviación con hiposulfato de sodio en San José (Castrovirreyna), Gazuna (Cajatambo) y Pilancos (Hualgayoc). Samamé Boggio en su monumental obra Perú Minero[6], menciona que la compañía Minera Pataz (El Gigante) empezó con el tratamiento de minerales de oro por el método de cianuración en 1895. A fines de 1897 funcionaban en el Perú, trece (13) plantas de lixiviación[5].

En 1945, el Perú comenzó a producir soluciones de sulfato de zinc a partir de minerales sulfurados. En 1975, se empezó a aplicar el sistema de intercambio iónico en Cerro Verde. En la década de 1980 emergen plantas hidrometalúrgicas de envergadura tales como : Cajamarquilla, Cerro Verde, planta de agua de mina en Cerro de Pasco, Yanacocha. Existen varios proyectos en desarrollo con perspectivas de implementar tecnologías limpias y con bajo impacto ambiental[6].

Plantas y empresas metalúrgicas

Actualmente, a nivel nacional, existen plantas metalúrgicas con capacidad de altos tonelajes de procesamiento como La Oroya e Ilo, también existen plantas pilotos con capacidad de medianos tonelajes como la que cuenta la Escuela de Ingeniería Metalúrgica de la UNMSM y empresas de mediano porte. Además en el campo de las aleaciones metálicas existen importantes



empresas de gran reconocimiento internacional, a continuación mencionamos las plantas y empresas metalúrgicas que operan en el país y las empresas de servicios asociados a la actividad minera.

MILPO

Es un grupo minero orientado al desarrollo y operación de minas medianas de bajo costo, productoras de zinc, cobre, plomo y plata. Sus principales operaciones son:

La Mina El Porvenir, situada en Cerro de Pasco, Perú. Esta mina produce anualmente 190,000 TM de concentrados de zinc; 46,000 TM de concentrados de plomo y 4,400 TM de concentrados de cobre.

La Mina y Refinería Iván, adquirida por Milpo en 1999, se encuentra situada en Antofagasta, Chile. Esta unidad tiene una capacidad de producción de 40 TM de cátodos de cobre por día.

PIERINA

Es una operación ubicada en el departamento de Ancash a tajo abierto que se extrae del mineral con equipos de alta tecnología. El mineral es chancado, lixiviado, decantado, filtrado, precipitado y refinado, para obtener el Dore (oro-plata) con bajos costos operativos y alta rentabilidad.

ORCOPAMPA

Una de las unidades operativas de la compañía de minas Buenaventura que en el aspecto metalúrgico viene realizando diversos trabajos: uno de ellos es el procesamiento parcial de los concentrados de flotación por cianuración, habiéndose logrado tratar 2,000 toneladas de concentrados. También se ha iniciado la instalación de un molino de bolas 12´x16´ para mejorar la granulometría del mineral enviado a flotación. Con la instalación de este equipo esperan incrementar, en el futuro, la capacidad de la planta Concentradora a 1,500 TPD.

CENTROMIN PERÚ

Desde 1992 y por mandato legal, CENTROMIN PERÚ S. A. ha venido actuando inmerso en un proceso de gestión empresarial, inédito y dual; manifestado por un lado en el cumplimiento eficiente de una gestión productiva, comercial y administrativa señalada en sus estatutos; y por otro lado el cumplimiento estricto de un proceso de promoción de la inversión privada y la transferencia de todas sus unidades productivas y activos al sector privado; acciones que vienen entrando en su última fase.

DOE RUN PERU

Es la compañía integrada de extracción, fundición, fabricación y reutilización de metales más grande del mundo. Doe Run Company es propiedad de Renco Group, Inc. una empresa privada constituida en la ciudad de Nueva York. El liderazgo de larga tradición de la compañía Doe Run en la industria de los metales y como mayor productor de plomo en los Estados Unidos se fortalece enormemente con la adquisición de la fundición y refinería de La Oroya, Perú. Este complejo de la Doe Run Perú inicia sus operaciones en 1997 con la producción de metales como cobre, plata, zinc, oro y especialmente plomo.

MINSUR S.A

San Rafael y la Planta Fundición y Refinación, son las Unidades económicas en las que se han desarrollado las actividades de producción de la empresa. La planta de beneficio en la unidad de producción de San Rafael, cuenta con capacidad instalada de tratamiento de 1500 toneladas diarias, operándose con éxito al 100% de su capacidad. La planta de Fundición y Refinación Ubicada en Pisco, cuenta con una capacidad instalada para la producción de 30,000 toneladas al año.

PLANTA FUNDICIÓN FUNSUR

Ubicada en el Departamento de Ica, provincia de Pisco en el kilómetro 240 de la Panamericana Sur se ha construido la planta metalúrgica más moderna del Perú. En FUNSUR los concentrados son procesados mediante aplicación de tecnología de punta, denominado «de baño sumergido», con la patente SIROSMELT para producir un Estaño de alta calidad que permite al Perú ponerse en el primer lugar a nivel Latinoamericano en este valioso metal.

SOUTHERN PERÚ

Es una compañía que transforma recursos naturales, es un productor integrado de cobre y la compañía minera más grande del Perú. A nivel mundial, Southern Perú está entre las diez principales productoras privadas de cobre. Fundada el 12 de diciembre de 1952 por cuatro compañías de los Estados Unidos de Norteamérica, Southern Perú opera en el país desde 1956 y entre sus principales productos destacan el cobre, el molibdeno y la plata. La misión de la compañía es obtener los mejores resultados económico-financieros con el uso eficiente de sus activos, mediante un crecimiento sostenido y observando altos niveles corporativos de cumplimiento en los aspectos ambiental, cívico y social.

VOLCAN

El producto principal de la compañía es zinc, además de, plata, plomo, cobre y oro. En 1998, Volcán compañía Minera S.A. y Empresa Minera Mahr Tunel S.A., combinan y forman «Volcan Compañía Minera S.A.A.». Incorporaron a esta nueva compañía bajo régimen legal de una compañía común abierta.

YANACOCHA

Es una empresa minera en la que trabajan 8 mil trabajadores, que viven junto a sus familias en la ciudad de Cajamarca. 104 empresas locales de bienes y servicios son proveedoras directas de Yanacocha. Las operaciones están en una zona que cuenta con 65 comunidades cercanas con 20 000 habitantes que se han visto beneficiadas por los proyectos de salud, educación, saneamiento e infraestructura impulsadas por la empresa. El accionariado de Yanacocha lo comparten:

- Newmont Mining Corporation, con sede en Denver, Estados Unidos (51.35% de las acciones)
- Compañía de Minas Buenaventura, empresa peruana (43,65%). Compuesta por más de 2800 socios que comparten acciones de esta compañía.
- Corporación Financiera Internacional (IFC), brazo financiero del Banco Mundial (5%). La presencia del Banco Mundial garantiza la exigencia de los estándares más altos en seguridad, medio ambiente y responsabilidad social.

ANTAMINA

Compañía Minera Antamina S.A. (CMA), es una empresa constituida en el Perú, regida por leyes peruanas, y cuyos accionistas son cuatro compañías líderes en la minería internacional: Noranda Inc., con el 33,75%, BHP Billiton Plc., con el 33,75%, Teck-Cominco Limited, con el 22,5%, Mitsubishi Corporation, con el 10%.

En la década del 50 del siglo pasado, el yacimiento de Antamina estuvo dentro de la cartera de exploración de la Cerro de Pasco Corporation, la que concluyó en un positivo estudio de factibilidad técnico-económico, pero la situación política del país de esa época hizo que su explotación se pospusiera indefinidamente. Después de un proceso de dos años de exploraciones y tres años de construcción de su complejo minero inició sus operaciones de prueba el 28 de mayo del 2001, luego de concretarse la mayor inversión en la historia de la minería peruana. Después de cinco meses de dar inicio a sus operaciones en prueba, Antamina comenzó su producción comercial el 1° de octubre del 2001, produciendo concentrados de cobre y zinc, y otros subproductos.

ACEROS AREQUIPA-PERÚ

La empresa fue fundada en 1966 iniciando sus operaciones con la producción y comercialización de aceros y productos de fundición para la industria en el campo de la metalmecánica y minería, convirtiéndose en una empresa líder en el Perú.

EXSA PERÚ

Empresa líder en la fabricación de explosivos y soldaduras desarrolla un sistema de gestión para suministrar productos competitivos en calidad y precios.

SIDERURGIA PERUANA

Es la principal empresa siderúrgica del Perú. Desde hace más de 40 años se dedica a la fabricación y comercialización de productos de acero de alta calidad.

ZINSA

Empresa Nacional dedicada a la elaboración como comercialización de productos no ferrosos a nivel nacional e internacional, buscando el desarrollo de sus procesos, así como la protección al medio ambiente.

Formación profesional en Ingeniería Metalúrgica

Las universidades que imparten la carrera de Ingeniería Metalúrgica en el Perú son:

1. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión-UNDAC. Escuela de Ingeniería Metalúrgica.
2. Universidad Nacional de Ingeniería-UNI. Escuela de Ingeniería Metalúrgica.



3. Universidad Nacional Mayor de San Marcos-UNMSM. Escuela de Ingeniería Metalúrgica.
4. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Escuela de Ingeniería Metalúrgica.
5. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Escuela de Ingeniería Metalúrgica.
6. Universidad Nacional del Altiplano-UNAP. Escuela de Ingeniería Metalúrgica.
7. Universidad Nacional de San Antonio Abad. Escuela de Ingeniería Metalúrgica.
8. Universidad Nacional del Centro del Perú-UNCP. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y materiales.
9. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa-UNSA. Escuela de Ingeniería Metalúrgica.
10. Universidad Nacional de Trujillo-UNT. Escuela de Ingeniería Metalúrgica.
11. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Departamento de Construcciones Metálicas y Metalúrgica.

Maestría en Metalurgia

Las siguientes universidades que imparten la maestría en Ingeniería Metalúrgica son:

1. Maestría en Ingeniería Metalúrgica-UNMSM.
2. Maestría en Ingeniería Metalúrgica-UNI.
3. Maestría en Ciencias: Ingeniería Metalúrgica-UNSA.
4. Maestría en Extracción Metal-UNAP.

Procesos metalúrgicos

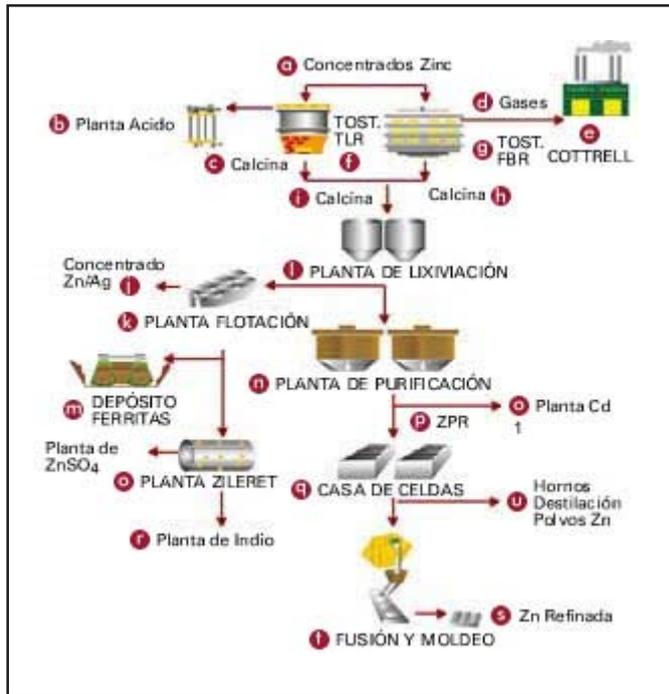
En las plantas metalúrgicas se desarrollan una serie de operaciones y procesos metalúrgicos que van desde chancado, molienda, flotación, espesamiento, filtración, tostación, lixiviación, purificación, electrodeposición, fusión y moldeo por la vía pirometalúrgica. Concentración, lixiviación, purificación, precipitación y refinación por la vía hidrometalúrgica.

Los procesos metalúrgicos en la actualidad con la aplicación de los fenómenos de transporte, la mecánica del medio continuo y la interacción sólido-fluido, permiten comprender mejor la fenomenología de los procesos, para luego desarrollar la modelización del mismo que nos permitirá la simulación a distintas condiciones operativas, empleando softwares apropiados.

Investigación y desarrollo en Metalurgia

Desde 1927, el Departamento de Investigación (Research Department) de la Cerro de Pasco Corp. ha estado contribuyendo a que la empresa se convierta

Diagrama de Flujo Simplificado del Circuito de Zinc



Fuente: Doe Run, La Oroya

en una de las más progresistas compañías minero-metalúrgicas del mundo. Fue creado para mejorar las operaciones y aumentar la producción en lo posible, ayudando a resolver problemas originados en la fundición y refinerías. Además tiene como objetivos el desarrollo de nuevos proyectos de recuperación de metales no comunes y de tratamiento de subproductos existentes, ambos en los diferentes circuitos de la fundición de La Oroya.

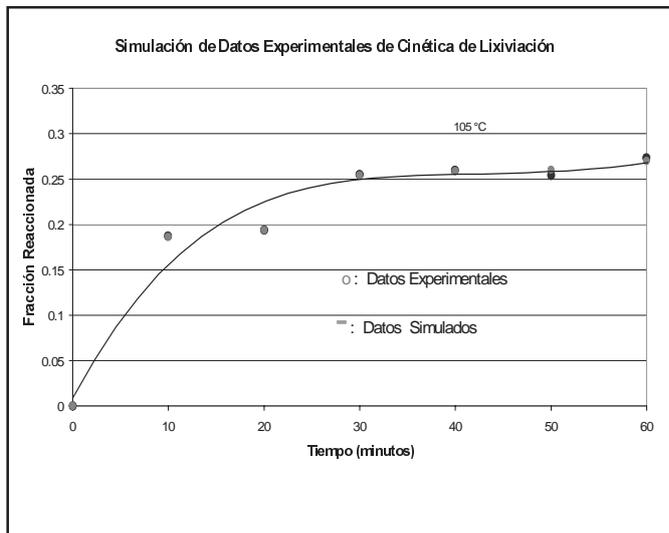
Todos los procesos actuales de refinación y recuperación de metales básicos y metales menores salieron de sus laboratorios y plantas pilotos, como resultado de infatigables experiencias prácticas, basadas en técnicas y procesos desarrollados a lo largo de varias décadas[7].

A nivel nacional desde el 70 al 90 se han desarrollado innumerables pruebas metalúrgicas en las plantas del Banco Minero las que a la fecha han sido desactivadas. En el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) también se desarrollaron una serie de investigaciones metalúrgicas, a la fecha son escasas y no se está utilizando la gran capacidad instalada de su



infraestructura y los recursos humanos que dispone, siendo prioritario que el Estado asigne nuevas tareas, objetivos y responsabilidades en el campo de la investigación científica y tecnológica[8].

Modelo Cinético de Transferencia de Masa de los Productos a través de la Capa Porosa



Líneas de investigación en Metalurgia, IIGEO - UNMSM

El IIGEO cuenta con 90 profesores investigadores inscritos en la Base de Datos del Consejo Superior de Investigaciones (CSI) de la UNMSM, alumnos tesis de pre grado de los últimos ciclos y alumnos tesis del pos grado que desarrollan labor de investigación en la unidad de investigación y además se cuenta con grupos de investigación juvenil que se involucran en Ciencia y Tecnología dentro del Campo Geológico, Minero, Metalúrgico y Geográfico. El IIGEO tiene soporte de consultores nacionales e internacionales que apoyan en I + D. Los profesores investigadores, tesis, grupos de investigación y consultores externos desarrollan las investigaciones en las siguientes líneas de investigación metalúrgica:

- Metalurgia del Oro.
- Hidrometalurgia de Sulfurados.
- Comportamiento de los materiales a la corrosión.
- Comportamiento mecánico de los materiales con respecto a la estructura.
- Cerámica.
- Ciencia de los materiales.
- Procesos químicos metalúrgicos.
- Metalurgia y Medio Ambiente.

Publicaciones metalúrgicas

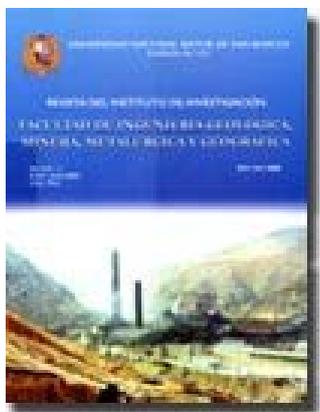
Las universidades cuentan con tesis publicadas en el campo metalúrgico, en la UNMSM se cuentan con más de 124 títulos en Ingeniería Metalúrgica. El Colegio de Ingenieros, la Sociedad de Minas y Petróleo, el INGEMMET publican temas de metalúrgica con regularidad.

Los resultados de las publicaciones de Investigaciones en metalurgia de los últimos años están registrados en informes técnicos publicados en la Revista de Investigación de la Facultad Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.

La revista del IIGEO a partir de este año ha pasado a ser integrante de la Base SciELO PERÚ. La *Scientific Electronic Library Online-SciELO* es una biblioteca virtual que abarca una colección seleccionada de revistas científicas latinoamericanas y del caribe.

Redes metalúrgicas

El grupo de investigaciones metalúrgicas del IIGEO desde el año 1992 viene trabajando en proyectos e investigaciones en el campo metalúrgico, a partir del 2000 viene interactuando con empresas e instituciones nacionales e internacionales, a través de convenios marcos y desarrollo de actividades conjuntas de los



cuales se han construido las redes temáticas: REDCIIMETM se lanzó con el Curso Taller Internacional de Investigación y Desarrollo de los Procesos Metalúrgicos en el 2002, REDLIEDS se lanzó en abril del 2003 con la presencia de los delegados de Latinoamérica, España y Alemania.

En cuanto a la red NOTIMAT el Instituto de Investigación IIGEO pasa a formar parte del cuerpo editorial de la red en ocasión del evento en Santiago de Chile en el año 2002.

En la Red Latinoamericana de Tecnologías Limpias que tiene su punto nodal en el Departamento de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad de Concepción con la que tenemos firmado un convenio marco institucional para capacitar, Investigación + Desarrollo y formar redes temáticas de la especialidad.

Red de Centros e Institutos de Investigación Metalúrgica y Materiales-UNMSM (REDCIIMETM)

Esta red vincula a los centros de investigación metalúrgica de las universidades, empresas mineras y consultoras, para realizar trabajos de Investigación, capacitación de los recursos humanos de las instituciones participantes buscando la excelencia profesional y la solución de problemas prioritarios.

Red Latinoamericana de Materiales (NOTIMAT)

En Río de Janeiro en 1994 se lanzó para América Latina el boletín electrónico denominado *NOTIMAT-NOTÍCIAS* en materiales. El boletín abarca el área de Ingeniería y Ciencia de los Materiales. A partir del segundo año de existencia se da origen a una nueva publicación en medios electrónicos, *MATÉRIA* la primera revista científica virtual del área de materiales, en el congreso anual, del *Simpósio Matéria*.

Red Latinoamericana de Industrias Extractivas y Desarrollo Sostenible (REDLIEDS)

Contempla diversos temas de interés para el desarrollo responsable de las actividades mineras en la región Latinoamericana con miras a constituirse en un vehículo para la colección y diseminación de información calificada, posibilitando la interacción y el intercambio de ideas a lo largo del continente, e incorporando puntos de vista diversos sobre la base de una perspectiva multidisciplinaria.

- Geociencias
- Medio Ambiente
- Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica

- Industria
- Economía
- Legislación
- Gobernabilidad
- Sociedad
- Pequeña Minería y Minería Artesanal

Proyección de la Metalurgia[8]

El informe final sobre las capacidades de investigación científica y tecnológica en el Perú en el área temática de Geología y Minería del Programa Perú-BID de Ciencia y Tecnología-PE-0203 se dan lineamientos base para las investigaciones en el campo de la minería nacional para los años de 2004-2010, en los cuales también se traza la proyección de las investigaciones metalúrgicas nacionales:

1. Promoción e incremento de la aplicación de la biotecnología en la minería.
2. Creación y optimización de procesos tecnológicos (Lixiviación bacteriana, recuperación de metales de diversas fuentes, etc)
3. Investigación para recuperación de metales valiosos a partir del procesamiento de relaves o desechos de planta concentradora de minerales.
4. Creación y puesta en marcha de un Centro Nacional de Materiales metálicos con valor agregado (V.A.)
5. Recuperación de metales raros lantánidos a partir de concentrados de minerales.
6. Capacidad y apoyo en la gestión de proyectos de innovación industrial.
7. Capacitación a distancia en tecnología y gestión medioambiental aplicados a la minería y manufactura metal mecánica.
8. Investigación y estudios para la producción del hierro esponja (proponer la utilización del mineral de hierro y gas natural para incrementar el valor agregado (V.A.) de nuestra producción mineral
9. Prevención y control de la contaminación medioambiental en la industria minera y sector metal mecánico (Efluentes, relaves, cianuro, mercurio, chatarras, restauración y caracterización de suelos.)
10. Desarrollo tecnológico de la pequeña minería poli metálica
11. Preparación de un Plan Maestro de Desarrollo de Minerales no metálicos.

Conclusiones

1. Se desarrolla una revisión histórica de la gran tradición metalúrgica nacional que debe ser intensificada en forma racional y sostenible.
2. Se cuenta con un sistema académico nacional que debe ser fortalecido para mejorar las capacidades de los profesionales que trabajan en el campo de la metalurgia extractiva y de materiales.
3. Se deben hacer más inversiones en investigación y desarrollo de procesos metalúrgicos, lo cual traerá consigo el buen aprovechamiento racional de los recursos naturales y su transformación en productos finales para el mercado nacional e internacional.
4. Participar en las redes nacionales e internacionales existentes nos permitirá integrarnos en el trabajo multidisciplinario, sistémico y participativo para encontrar soluciones a problemas comunes en la industria, así como también compartir información de interés en el campo metalúrgico a través de las publicaciones.

Agradecimientos

A la Unidad de Investigación IGEO, a la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y a la Unidad de Posgrado mención Metalurgia Extractiva de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por el apoyo brindado.

Referencias

- [1] Rex G. Alberto. *La metalurgia precolombina de Sudamérica y la búsqueda de los mecanismos de la evolución Cultural*, 1992. En *Prehistoria sudamericana*. Taraxacum. Washington.
- [2] Alva Walter. *SIPAN Colección Cultura y Artes del Perú*. Cervecería Backus & Johnston del Perú S. A. Lima, (1994).
- [3] Shimada, Izumi. *Aspectos tecnológicos y productivos de la metalurgia Sicán, costa norte del Perú*. *Gaceta Arqueológica Andina*. INDEA. Lima, (1987).
- [4] Bray Warwik. *La metalurgia en el Perú Prehispánico*. En *Los Incas en el Antiguo Perú*. Colección Quinto Centenario. Madrid, (1991).
- [5] Samamé B. *Colección Perú Minero 1997*. Lima. Perú
- [6] Lovera D. *Investigaciones Hidrometalúrgicas de Tecnologías Limpias*. Vol. II, N.º 03, julio (1999).
- [7] Revistas de la empresa Cerro de Pasco, Centromín. (1960-1993).
- [8] Arteaga D. *Las Capacidades de Investigación Científica y Tecnológica en el Perú en el Área Geológica y Minera*. PE-0203, Programa Perú-BID de Ciencia y Tecnología, Lima (2003).