



MEMORIA

DE ACTIVIDADES **2018**



MEMORIA **ACTIVIDADES** 2018

0. Presentación	5
1. Títulos Propios	6
1.1 Metalurgia del Cobre	7
1.2. Historia de la metalurgia del Cobre	9
2. Jornadas de Puertas Abiertas 2018	12
3. Actualización de la web de la cátedra Atlantic Copper	13
4. Actividades Formativas	14
4.1. TFM y TFG en 2108	14
4.2. Tesis doctorales en 2018	15
5. Contratos de Investigación correspondiente al 2018	19
6. Congresos y Publicaciones en 2018	24
7. Colaboraciones con otras Instituciones	26
8. Prácticas de Alumnos en Atlantic Copper S.L.U.	26



Presentación

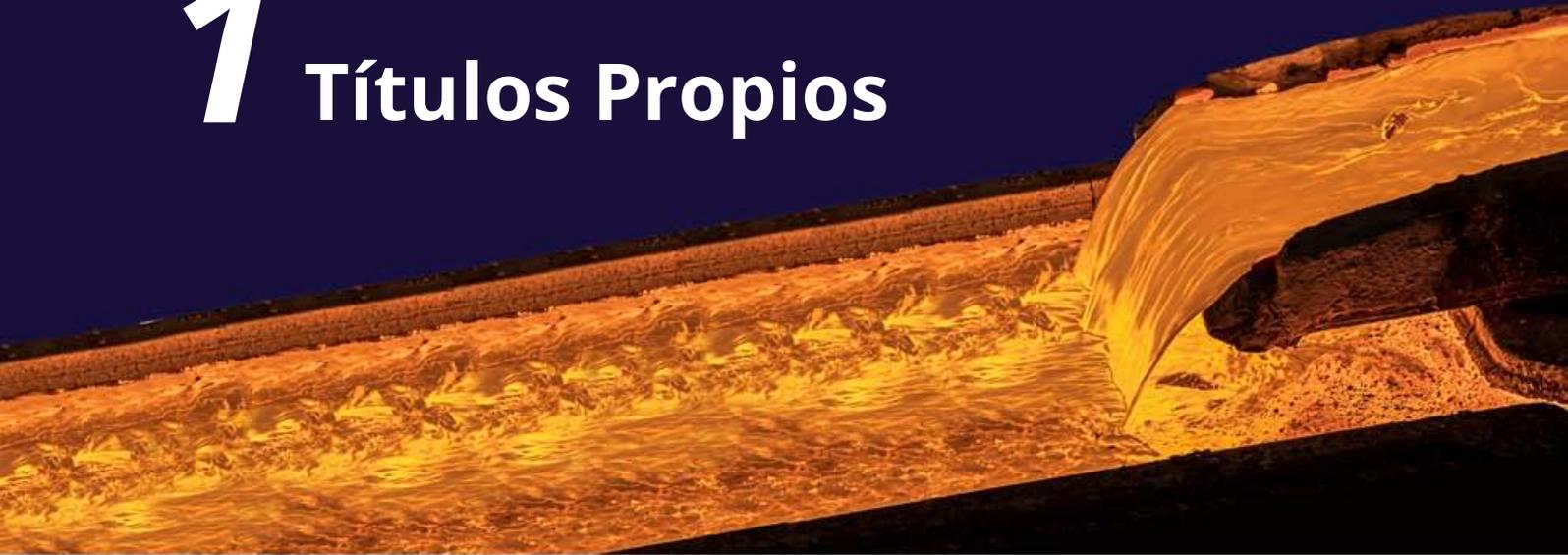
La Cátedra Atlantic Copper fue creada en 2015 para la promoción y desarrollo de actividades circunscritas al ámbito de la Metalurgia del Cobre. En este sentido, esta memoria recoge la actividad de la Cátedra en diversos ejes de actuación:

- Difusión de la investigación en líneas de metalurgia del cobre.
- Proyectos de investigación en curso.
- Prácticas de estudiantes de la Universidad de Huelva en las instalaciones de Atlantic Copper S.L.U.
- Participación del personal técnico de Atlantic Copper S.L.U. en actividades docentes de la Universidad de Huelva.

Por este motivo los contenidos que se recogen en esta memoria están circunscritos a estas líneas de actuación:

- 1.- Títulos Propios:
 - 1.1.- Curso de Metalurgia del Cobre.
 - 1.2.- Curso de Historia de la Metalurgia del Cobre.
- 2.- Jornadas de Puertas Abiertas de la Universidad de Huelva 2018.
- 3.- Prácticas de alumnos de la Universidad de Huelva en Atlantic Copper S.L.U.
- 4.- Actualización de la web de la Cátedra Atlantic Copper.
- 5.- Convocatoria de Ayudas de Doctorado Industrial.
- 6.- Actividades Formativas:
 - 6.1. TFM y TFG.
 - 6.2. Tesis Doctorales.
- 7.- Contratos de investigación durante 2018.
- 8.- Asistencia a Congresos y Publicaciones en 2018.
- 9.- Colaboración con otras instituciones.

1 Títulos Propios



Se han diseñado dos cursos sobre la temática de Metalurgia:

1. Curso de Metalurgia del Cobre (2ª Edición).
2. Curso de Historia de la Metalurgia del Cobre en Huelva (1ª Edición).

Estos cursos han sido diseñados como Títulos Propios de la Universidad de Huelva en la clase “Acciones Formativas”. Para ello, en 2018, se realizaron los contactos adecuados con objeto de configurar dos programas de más de 20 créditos cada uno.

Estos Cursos son gratuitos y permiten a los alumnos obtener el título acreditativo de los mismos por la Universidad de Huelva.

1. Títulos propios

Títulos Propios

1.1 Metalurgia del Cobre

2º Edición

El Curso de Metalurgia del Cobre correspondiente al curso académico 2018/2019 se ha diseñado como un Título Propio tipo “Actividades Formativas” con un mínimo de 20 créditos.

Este curso está dirigido a personas con titulaciones relacionadas con la temática del curso, graduados, estudiantes de máster y alumnos de doctorado.

La matrícula de este curso es gratuita y los interesados deberán abonar exclusivamente las tasas de secretaría para la expedición del título correspondiente.

En la edición de este curso se han introducido modificaciones con respecto a la primera edición que consisten en una ampliación de los temas a tratar incorporando ponencias sobre Biometalurgia, Refractarios, Control de sistemas on-line, Aplicaciones de materiales plásticos, Termogravimetría y la Tecnología Drop Tube Furnace. Además, se incorporan al cuadro de profesores nuevos especialistas en metalurgia del ámbito de la Universidad y la Industria.

El Programa del Curso de Metalurgia del Cobre es el siguiente:

Dos lecciones inaugurales impartidas por D. Miguel Palacios (Director General de Metalurgia de Atlantic Copper S.L.U.) y D. Guillermo Ríos Ransanz (Director de Innovación y Tecnología de Atlantic Copper S.L.U.) que versarán respectivamente sobre **“El Estado Actual de la Metalurgia del Cobre y sus Aplicaciones”** y **“El Proceso Productivo de Atlantic Copper S.L.U. y la importancia de la I+D+i en este sector”**.

A continuación, el curso consiste en ponencias sobre distintos aspectos tecnológicos y científicos de la metalurgia extractiva del cobre organizados en distintos capítulos:

1 La Materia Prima:

- La Materia Prima: Concentrados de Cobre (*Dr. Juan Carlos Fernández Caliani, Universidad de Huelva*).

2. Proceso de Fusión Flash:

- Operaciones en el Horno Flash (*D. Jesús Ovalle, Atlantic Copper S.L.U.*).
- Fundamentos físico-químicos de la fusión flash (*Dr. Ignacio Moreno-Ventas*).

1. Títulos propios

Bravo, Universidad de Huelva).

- Caracterización de los productos de fusión flash (*Dña. María Bacedoni, Universidad de Huelva).*

3. Procesos de Conversión, Afino y Moldeo:

- Procesos de Conversión, Afino y Moldeo (*D. Tomás Bravo, Atlantic Copper S.L.U.*).

4. Tratamiento de Gases Metalúrgicos:

- Proceso de Fabricación del Ácido Sulfúrico (*D. Pablo García Vila, Atlantic Copper S.L.U.*).

5. Ingeniería de Materiales Refractarios:

- Materiales Refractarios para la construcción de Hornos Metalúrgicos (*D. Ismael Pérez Pina, Atlantic Copper S.L.U.*).
- Fundamentos físico-químicos de los materiales refractarios en la industria del Cobre (*Luis Felipe Verdeja. Universidad de Oviedo.*).
- I+D+i en la fabricación de materiales refractarios (*Dña. Marga Álvarez. Directora de I+D+i de Alfran.*).

6. Nuevos Materiales en la Industria del Cobre:

- Aplicaciones de Materiales Plásticos en la Industria del Cobre (*D. David Solís, Director de R.D.S. Asturias.*).

7. Proceso Hidrometalúrgico del Cobre:

- Operaciones de Refinería (*Dña. Irene Ruiz Oria, Jefa de Grupo de I+D+i de Atlantic Copper S.L.U.*).
- Fundamentos Electroquímicos del Proceso de Refino (*Dra. Mercedes Montoya. Universidad de Huelva.*).
- Especiación Química del Electrolito (*Dr. Daniel Sánchez-Rodas. Universidad de Huelva.*).

8. Residuos del Proceso Metalúrgico:

- Subproductos y valorización de Residuos (*Dr. Juan Pedro Bolivar. Universidad de Huelva.*).

1. Títulos propios

9. Biometalurgia del Cu: Procesos Extractivos utilizando bacterias.

- Aplicaciones de la Biometalurgia de los procesos extractivos del Cu (Dr. Francisco Córdoba. Universidad de Huelva).

10. Metodología del Análisis Termogravimétrico:

- Aplicaciones del Análisis Termogravimétrico en la Industria del Cobre (Dr. Manuel Jesús Díaz Blanco. Universidad de Huelva).

11. Tecnologías On-line de los Procesos de Fusión Flash:

- Tecnologías On-line de los Procesos de Fusión Flash (Dr. Roberto Parra. Universidad de Concepción. Chile).

12. Metodología del Drop Tube Furnace:

- Aplicaciones del Drop Tube Furnace en la Metalurgia del Cobre (Dr. Roberto Parra. Universidad de Concepción. Chile).

Visita a la Planta de la Fundición y Refinería Atlantic Copper S.L.U. (Huelva):

- Como actividad final del curso los alumnos podrán acceder a las instalaciones de Atlantic Copper S.L.U. donde se les mostrará el Centro de Interpretación del Cobre así como las instalaciones donde se lleva a cabo el proceso pirometalúrgico y el de refinería electrolítica del cobre.

Títulos Propios

1.2. Historia de la Metalurgia del Cobre

La Universidad de Huelva se ubica en una región con importantes yacimientos de sulfuros en la mundialmente conocida "Pyrite Belt". La existencia de estos yacimientos ha permitido, desde la antigüedad hasta nuestros días, una constante actividad minera y consecuentemente metalúrgica. La Universidad de Huelva coherentemente con este contexto ofrece estudios de grado en Geología, Ingeniería de Minas, Química, Ingeniería Química y otras disciplinas de ingeniería. Todos estos grados dan formación a un nutrido cuerpo de técnicos y científicos preparados para dar soporte a

1. Títulos propios

esta actividad tan ligada a Huelva.

Pero ha sido la actividad investigadora de historiadores y arqueólogos (muchos de ellos de nuestra propia universidad) la que ha permitido reconstruir y dar a conocer la actividad minera y metalúrgica que desde antiguo se viene produciendo en esta zona de la Península Ibérica, y concretamente en Huelva.

El conocimiento de esta tradición minero-metalúrgica debe contribuir a impulsar el interés de nuestros estudiantes de la Universidad de Huelva en éstas disciplinas.

La Cátedra Atlantic Copper de la Universidad de Huelva ha querido hacerse eco de esta realidad histórica, que llega hasta nuestros días, en la convicción de que una buena formación técnica debe ir siempre acompañada de una formación humanística.

En 2018 se han desarrollado los contactos necesarios para la planificación de este curso como un Título Propio (Actividad Formativa de más de 20 créditos). Para ello se han realizado las gestiones pertinentes que la Fundación Rio Tinto pusiera a disposición del curso su patrimonio histórico (Archivo Minero de Rio Tinto, Museo Minero de Riotinto) y sus instalaciones en Peña de Hierro (Nerva) así como parte de su personal. Por otro lado, también se han realizado las gestiones oportunas para obtener la participación de Proyecto RioTinto (Atalaya Mining) para que enseñasen sus instalaciones mineras actuales así como para permitir el acceso a los lugares en los que en la actualidad se están desarrollando actividades de excavación arqueológica.

Con la finalidad de dar a conocer la figura histórica del insigne metalurgista de Lepe D. Álvaro Alonso Barba como parte de este curso, la cátedra se puso en contacto con el Dr. José Luis Gozávez Escobar especialista en la vida y obra de D. Alonso Barba. Este prolijo autor ha publicado, entre otras obras, un facsímil de la obra de este metalurgista, titulada “Arte de los Metales”, y su biografía Edición que fue financiada por la Fundación Atlantic Copper.

Programa del Curso de Historia de la Metalurgia del Cobre en Huelva:

El curso está estructurado en una visión de la actividad minero-metalúrgica que tienes sus orígenes en la Antigüedad y continúa posteriormente en época Romana, sufre un importante desarrollo en los siglos XVIII al XX, y llega finalmente hasta la actualidad en el siglo XXI.

Tema I. La Metalurgia Pre-romana en la Faja Pirítica.

- Origen y evolución de la producción y el uso del cobre en la Prehistoria reciente en la actual provincia de Huelva (*Dr. Mark A. Hunt Ortíz. Universidad de Sevilla*).

1. Títulos propios

Tema II. Metalúrgia del Cobre en Huelva: Época Romana.

- La investigación de la metalurgia romana en la Faja Pirítica (*Dr. Juan Aurelio Pérez Macías. Universidad de Huelva*).

Tema III. Metalúrgia del Cobre en los S. XVIII a mitad del S. XX

- Historia de la metalurgia del cobre hasta la Edad Media (*Dr. Octavio Puche Riat. Universidad Politécnica de Madrid*).
- Metalurgia en Riotinto 1725-1954 (*D. Aquilino Domínguez. Director del Museo Minero de Rio tinto*).

Tema IV. Minería de Sulfuros en el S. XXI

- Yacimiento de sulfuros en la Faja Pirítica (*Dr. Gabriel Ruiz de Almodovar. Universidad de Huelva*).

Tema V. Metalúrgia del Cobre en el S. XXI

- Atlantic Copper, desde sus inicios a la actualidad (*Miguel Palacios. Director General de Metalurgia de Atlantic Copper S.L.U.*).
- Macroeconomía del Cobre en el S. XXI (*Guillermo Ríos Ransanz. Director de Innovación y Tecnología de Atlantic Copper S.L.U.*).

Visita a Riotinto y Niebla:

Visita a los yacimientos arqueológicos y emplazamientos minero-metalúrgicos:

- Yacimientos arqueológicos prerromanos.
- Yacimientos arqueológicos de época romana.
- Emplazamientos minero-metalúrgicos S. XVIII al S. XXI
- Emplazamiento de Peña del Hierro / Fundición Besemer.
- Museo Minero de Rio Tinto.

Visita a la Planta de la Fundición y Refinería Atlantic Copper S.L.U. (Huelva):

- Visita al Centro de Interpretación del Cobre.
- Visita a la Planta.

2. Jornadas de Puertas Abiertas

2 Puertas Abiertas



En su edición de 2018 la Cátedra Atlantic Copper ha participado, como en anteriores ocasiones, interviniendo en un stand de Cátedras Externas de la Universidad de Huelva.

La Cátedra Atlantic Copper ha ofrecido a los visitantes diversos objetos de merchandising relacionados con el proceso de extracción metalúrgica del cobre que se lleva a cabo en la Planta y Refinería de Atlantic Copper en Huelva.

Por otro lado la cátedra ofreció explicaciones a los visitantes sobre la actividad de la cátedra y la importancia de la colaboración Universidad – Empresa en el panorama educativo actual, así como la importancia del cobre en la tecnología del S. XXI.

Además, se ofreció un tríptico, que se confeccionó para éstas Jornadas de 2018. Los contenidos del tríptico fueron explicados a todos aquellos visitantes que acudieron al stand.

La Cátedra Atlantic Copper tiene por finalidad la promoción de la investigación aplicada al campo de la Metalurgia del Cobre y materias tecnológicas relacionadas. Para ello, se propone la realización de actividades específicas para la difusión de la actividad investigadora en esta línea, así como servir de apoyo a los proyectos de investigación en el ámbito de la colaboración científico-tecnológica entre la Universidad de Huelva y la Fundición y Refinería Atlantic Copper S.L.U.

Lineas de Investigación

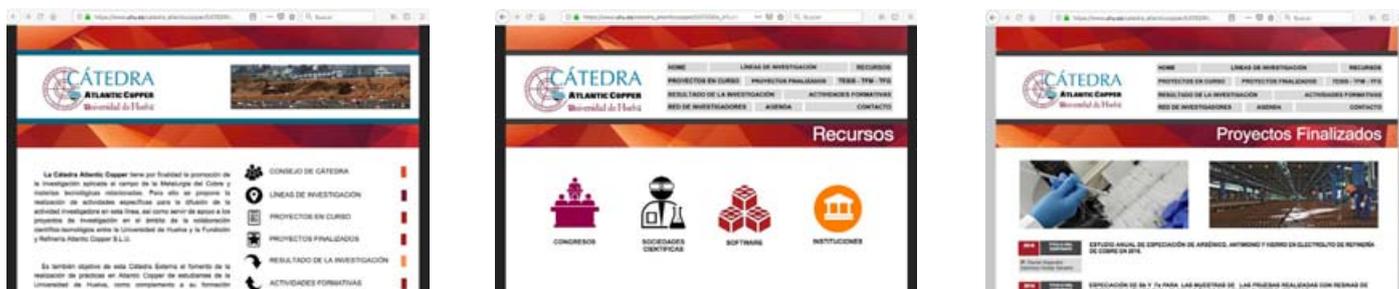
- Estudio de los factores físico-químicos que controlan las pérdidas de Cu en los procesos de fusión flash.
- Caracterización de materiales del Centro Metalúrgico de Cobre (mineralogía, metalografía, DRX, FRX, EPMA y SEM).
- Estudio de equilibrios químicos en electrolitos (estados de oxidación, reacciones e interacciones ánodo-electrolito-cátodo). Estudio de validación de metodologías de especiación de arsénico, antimonio y hierro en electrolito de refinería de cobre.
- Estudio de los electrolitos y los procesos de electrodeposición. Estudio influencia de los parámetros de control de la electrodeposición del cobre y la influencia de los aditivos con la puesta en marcha de la metodología de la Celita Hull.
- Caracterización de residuos de Atlantic Copper y diagnóstico de las potenciales aplicaciones valorización de residuos.
- Estudio de las alternativas tecnológicas para la eliminación Cu y As del ácido diluido.
- Valoración del potencial de las chatarras en la metalurgia del cobre. Análisis de empujanzas.
- Estudio de purificación de efluentes ácidos y reutilización del agua.
- Estudio de procesos de corrosión en complejo metalúrgico. Aplicación de sistemas de detección y seguimiento.

LA FUNDICIÓN Y REFINERÍA DE ATLANTIC COPPER S.L.U. OCUPA UN LUGAR DESTACADO EN EL BARRIO DE HUELVA

25 12 al 15 de Febrero 2018
XVIII Jornadas de Puertas Abiertas
Universidad de Huelva



3. Actualización de la web



3 Actualización de la Web

En 2018 se han actualizado los contenidos de la página de la Cátedra Atlantic Copper y ampliado la web con secciones nuevas. El acceso a la web de la cátedra se realiza a través del portal de la Universidad de Huelva.

www.uhu.es/catedra_atlanticcopper/CATEDRA_ATLANTIC_COPPER/Bienvenida.html

Hasta 31 de Diciembre 2018 se han registrado 1065 visitas.

La web de la cátedra consta de las siguientes páginas actualizadas:

- 1 **Consejo de Cátedra:** Se actualizó la composición de los integrantes.
- 2 **Líneas de Investigación:** Dedicada a las líneas prioritarias en materia de investigación en el campo de la Metalurgia del Cobre.
- 3 **Proyectos de investigación en curso:** Sección en la que se describen los proyectos en curso, sus objetivos y en su caso las tesis, TFG y TFM que se realizan en relación a dicho proyecto.
- 4 **Proyectos finalizados:** Esta página va formando un histórico de todos los proyectos realizados hasta la fecha, cuáles fueron sus objetivos y qué investigadores participaron en ellos.
- 5 **Resultado de la investigación** va recopilando la asistencia a congresos y los artículos que va generando la actividad investigadora en el marco de la Cátedra Atlantic Copper.
- 6 **Actividades formativas:** Esta sección recoge las actividades con un carácter formativo o divulgativo: Cursos de posgrado - Jornada de Puertas Abiertas
- 7 **Tesis Doctorales – TFM –TFG:** Esta sección recopila la actividad en curso en materia de Tesis Doctorales, Trabajos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster con un perfil de investigación en materias científico-tecnológicas del campo de la Metalurgia de Cobre y que van asociados a proyectos de investigación (contratos 68/83) de Atlantic Copper S.L.U.. Esta sección se ha actualizado separando los TFM y TFG de las Tesis Doctorales. Se ha incluido una mención a la nueva Tesis Industrial suscrita al Convenio Específico entre la Universidad de Huelva y Atlantic Copper S.L.U.

3. Actualización de la Web

- 8 **Red de Investigadores:** esta página recoge a todo el personal de la Universidad de Huelva que en calidad de profesores o estudiantes (Doctorado, TFG, TFM) hayan participado en trabajos de investigación con Atlantic Copper S.L.U. La finalidad es poder llegar a formar una red de investigadores y laboratorios que pudiesen cooperar en materia de investigación en líneas científico-tecnológicas de la metalurgia del cobre.
- 9 **Recursos:** es una página dedicada a divulgar la existencia de los Congresos, las Sociedades Científicas, las Instituciones y los recursos de Software existente en el campo de la metalurgia extractiva del cobre. Se ha añadido contenido.
- 10 Contacto.

4. Actividades Formativas

4 Actividades Formativas

4.1. TFM - TFG

Título del TFM: **“Análisis termogravimétrico y cinético de minerales de sulfuros polimetálicos. Método de Kissinger y Horowitz”.**

Estudiante: Irene Raposo.

Director: Dr. Ignacio Moreno-Ventas Bravo

Dr. Manuel Jesús Díaz Blanco

Fecha de lectura: 18 diciembre 2018

Nota: 9.2

RESUMEN: Se han utilizado técnicas termogravimétricas (TGA) para estudiar el comportamiento de algunas especies de sulfuros, presentes en los concentrados utilizados en pirometalurgia, durante los procesos de oxidación. Para este estudio se han utilizado diferentes condiciones de flujo de gas y diferentes rampas de temperatura.

4. Actividades Formativas

A partir de las curvas termogravimétricas se ha determinado la cinética de las reacciones durante el proceso de oxidación. Se ha utilizado el método isoconversional integral de Kissinger-Akahira-Sunose (KAS) (1957) y el método no isoconversional integral de Horowitz y Metzger (1963), realizando una comparación de ambos métodos para ver con que método se obtienen mejores resultados.

Título del TFM: **“Análisis termogravimétrico y cinético de minerales de sulfuros polimetálicos. Métodos de Flynn-Wall-Ozawa y Coats-Redfern”.**

Estudiante: Marta Vázquez Vázquez

Directores: Dr. Ignacio Moreno-Ventas Bravo

Dr. Manuel Jesús Díaz Blanco

Fecha de lectura: septiembre 2018

Nota: Notable

RESUMEN: Se realizó un estudio termogravimétrico y cinético de los principales minerales presentes en los concentrados de sulfuros polimetálicos de cobre. Para la determinación de la cinética de reacción se seleccionaron dos modelos; el modelo cinético isoconversional de Flynn-Wall-Ozawa, y el modelo cinético no-isoconversional de Coats-Redfern, con el objetivo de comprobar que tipo de modelo cinético (isoconversional o no-isoconversional) es el más adecuado para estudiar sulfuros polimetálicos.

Además de la cinética de reacción, con el estudio termogravimétrico se pretende conocer la temperatura de ignición de los diferentes minerales por ser uno de los parámetros determinantes a la hora de estudiar los concentrados, o minerales de sulfuros de cobre, ya que es la temperatura a la cual las partículas comienzan a reaccionar, pasando de un estado estable a baja temperatura a un estado inestable, en el cual comienzan a aparecer reacciones químicas, a mayor temperatura. Además, si se predice la temperatura de ignición de los concentrados, se puede llegar a una mayor optimización de los procesos pirometalúrgicos.

Título del TFG: **“Estudio de estabilidad de Fe en electrolito de cobre”.**

Estudiante: María Maestre Oria

Director: Dr. Daniel Sanchez Rodas Navarro

Defensa del TFG:julio 2018

Nota: Sobresaliente

4. Actividades Formativas

4.2. Tesis Doctorales

Título: “ **Estudio de los equilibrios químicos en el electrolito de cobre**”.

Doctoranda: Ana Isabel González de las Torres .

Director: Dr. Daniel A. Sánchez-Rodas Navarro

Dr. Guillermo Ríos Ransánz

Con el objetivo de: Generación de conocimiento, estudio del comportamiento de los equilibrios químicos de las especies químicas que coexisten en el electrolito de la Refinería de Atlantic Copper. Estudio del efecto de las impurezas principales en el proceso de electrorefino (Sb, As, Bi, Fe, Pb, Se, Cu, O, Ag, Cu etc), en la formación de las especies oxidadas que se transforma en los lodos anódicos y en cómo pueden afectar a la calidad de la electrodeposición del cobre en las placas y a la eficiencia de corriente del proceso.

Título: “**Estudio físico-químico de los materiales refractarios utilizados en hornos de conversión en la pirometalurgia del cobre**”.

Estudiante: Ismael Pérez Pina.

Director: Dr. Ignacio Moreno-Ventas Bravo

Dr. Guillermo Ríos Ransanz

OBJETIVOS: El proceso de producción de cobre por la vía pirometalúrgica a partir de concentrados conlleva varias etapas metalúrgicas: fusión, conversión, refinado térmico y refinado electrolítico [2, 25]. Los concentrados están formados por sulfuros metálicos entre los que destacan por su abundancia la calcopirita, calcosina, cobellina, bornita, tetraedrita, pirita, galena, milerita, etc.

En la etapa de fusión, los concentrados son llevados (mediante la adición de sílice) al interior de un solvus que origina dos fundidos inmiscibles: escoria y mata [16]. La escoria es un fundido silicatado rico en fayalita y con presencia de magnetita cuyo equilibrio depende fuertemente de la fugacidad de oxígeno [23] así como la disolución de cobre en la escoria fundida [24].

Por otra parte, la mata es un fundido sulfurado rico en sulfuro de cobre y sulfuro de hierro (60- 66% Cu). Posteriormente, la etapa de conversión consiste en un proceso “batch” secuencial en el que se lleva a cabo la obtención de cobre blíster (99% Cu aprox) a partir de la mata obtenida de la etapa de fusión anterior. En el proceso de conversión se llevan a cabo dos etapas químicamente diferenciadas; eliminación del sulfuro de hierro remanente en la mata, generando escorias fayalíticas y dióxido de azufre.

Posteriormente la segunda etapa consiste en la oxidación del sulfuro de cobre, generando cobre blíster y dióxido de azufre.

Este cobre blíster es refinado térmicamente en hornos de afinado para eliminar las últimas ppm de azufre contenidas en el fundido.

Finalmente, el cobre blíster refinado (>99,3% Cu) es tratado electrolíticamente para la obtención de cobre de elevada pureza (99,99% Cu).

4. Actividades Formativas

El proceso para obtener el cobre blíster está formado por reacciones exotérmicas en todas sus etapas y la temperatura del sistema es de 1200-1300°C.

Los fundidos formados interaccionan entre sí pero además con el refractario de los hornos tanto desde el punto de vista físico como químico, provocando la degradación de los mismos [8, 10] y por tanto la necesidad de ser reemplazados con el paso del tiempo.

Para la etapa de conversión, el horno más usado a nivel mundial es el Convertidor Pierce Smith. Como todos los hornos dedicados al proceso de fabricación del cobre, están revestidos de ladrillos refractarios de magnesia-cromo [6], los cuales sufren desgaste debido a diferentes procesos asociados a los fundidos como son el ataque de las escorias [12, 14], penetración de los fundidos en los poros del refractario [7, 11], estrés térmico [13] o el estrés mecánico [5].

La solución de los problemas planteados requiere el análisis físico-químico de los procesos de interacción de los fundidos con el refractario, para lo cual es necesario la realización de estudios postmortem en los que se analizan los procesos reactivos, la evolución de la porosidad y de la conductividad de los refractarios, la infiltración de los fundidos en el material refractario y la formación de fracturas así como la erosión de los mismos [5].

Aparte del análisis físico-químico, se hace necesario modelar la dinámica de los fundidos en el interior del horno y los procesos de transporte de calor y estrés térmico.

Título: “ **Caracterización y valoración de residuos inorgánicos procedentes de industrias químicas de Huelva**”.

Doctoranda: Silvia Pérez Moreno .
Director: Dr. Juan Pedro Bolívarz

OBJETIVO: Este proyecto pretende un doble objetivo, realizar una exhaustiva caracterización de residuos aun sin valorizar, desde el punto de vista físico, químico, mineralógico, y micro-estructural, así como determinar el grado de movilidad de los diferentes contaminantes presentes en la matriz los mismos. En segundo lugar, y a partir de los resultados obtenidos en el primer objetivo y del estado del arte de las aplicaciones de residuos con propiedades similares, se realizará un diagnóstico de las mejores estrategias a seguir para su valorización.

PRESENTADA: 26/02/2018

CALIFICACIÓN: Sobresaliente Cum Laude

4. Actividades Formativas

Doctorado Industrial

La Cátedra Atlantic Copper promovió reuniones en Atlantic Copper S.L.U. para dar a conocer el proyecto de Doctorado Industrial que se estaba llevando a cabo en la Universidad de Huelva.

Finalmente, la Oficina de Transferencia de la Investigación (dirigida por el Dr. Jesús de la Rosa) concluyó en la constitución de una normativa de la Universidad de Huelva que propició la apertura de una convocatoria de Ayudas de la Universidad de Huelva para el Doctorado Industrial.

Fruto de la colaboración entre la Universidad de Huelva y la empresa Atlantic Copper S.L.U. se ha firmado un Convenio Específico al que se ha suscrito una propuesta de Doctorado Industrial que ha contado con el respaldo de Atlantic Copper S.L.U. y que finalmente ha sido seleccionada.

La propuesta que fue seleccionada permitirá realizar una tesis doctoral con mención industrial en el campo de la pirometalurgia extractiva mediante una cofinanciación entre la Universidad de Huelva y la empresa Atlantic Copper S.L.U.

5. Contratos de Investigación

5 Contratos de Investigación

Contratos de investigación bajo el amparo del convenio de colaboración firmado entre Atlantic Copper S.L.U. y La Universidad de Huelva.

Estudio de la distribución de impurezas en las escorias y mata de los hornos flash y eléctrico

I.P: Ignacio Moreno-Ventas Bravo
Doctoranda : Marta Vázquez

IMPORTE: 20.000 €

Estudio de la distribución de impurezas en las escorias y matas de los hornos flash y eléctrico”.

El presente estudio engloba los siguientes temas:

1.- Estudio de los concentrados de cobre, con la finalidad de caracterizar todos los concentrados tratados actualmente en la fundición de Atlantic Copper S.L.U.(2 concentrados / mes).

- Caracterización mineralógica y granulométrica.
- Estimación de la moda mineral y composición de la ganga.
- Cálculo de la demanda de oxígeno y entalpía mediante HSC.
- Determinación de la temperatura de ignición mediante termogravimetría.

2.- Estudio físico-químico de las escorias del proceso pirometalúrgico de fusión flash de concentrados, enfocado al análisis de pérdidas mecánicas y químicas de cobre en la escoria.

- Estimación de las pérdidas de Cu totales, químicas y mecánicas.
- Ajuste de temperatura líquido objetivo en función de la ratio Fe/SiO₂, creando una herramienta que no dependa del Factsage.
- Análisis de escorias con diferentes fundentes (dos tipos de arena según actuales proveedores).
- Para realizar este estudio, se realizarán diferentes campañas de muestreo.

- Escoria de horno flash; barra vertical (enfriamiento rápido), barra horizontal (enfriamiento rápido) y cazo.

- Mata de horno flash: barra horizontal (enfriamiento rápido) y cazo.

- Escoria de horno eléctrico: barra vertical (enfriamiento rápido), barra horizontal (enfriamiento rápido) y cazo..

- Escoria granulada (piscina de granulación).

- Polvo arrastrado con el off-gas (barra de medir). Muestreo puntuales

- Desarrollo de herramienta para la estimación de temperatura líquido de las escorias.

5. Contratos de Investigación

3.- Estimación de la eficiencia del proceso de recuperación del cobre en el horno eléctrico.

- Caracterización mineralógica de las escorias granuladas (muestra semanal).
- Efecto de la escoria del horno flash, la escoria de convertidores y la dosificación del agente reductor (antracita); en las pérdidas de cobre en la escoria del horno eléctrico.

• Para llevar a cabo esta estimación se plantean campañas de muestreo con diferentes adicciones de antracita.

- Escoria granulada
- Escoria de horno flash
- Escoria de convertidores
- Mata de horno eléctrico
- Escoria HE: barra vertical
- Antracita o coque

4.- Caracterización mineralógica de lodos de electrolisis puntual para aumento de recuperación de Cu.

• Por parte de la Universidad de Huelva el responsable del Proyecto serán D. Ignacio Moreno-Ventas Bravo.

• Por parte de AC el Coordinador del Proyecto será Dña. Irene Ruiz Oria.

Se entregarán a la Empresa los informes pertinentes con los métodos, resultados y conclusiones

“Estudio equilibrios químicos en el electrolitos (estados de oxidación, reacciones e interacciones anodo-electrolito-cátodo). ”.

I.P: Daniel Alejandro Sanchez-Rodas Navarro

IMPORTE: 33.400 €

“Estudio equilibrios químicos electrolito de cobre” con el objetivo de:

Generación de conocimiento, estudio del comportamiento de los equilibrios químicos de las especies químicas que coexisten en el electrolito de la Refinería de Atlantic Copper S.L.U.

Estudio del efecto de las impurezas principales en el proceso de electrorefino (Sb, As, Bi, Fe, Pb, Se, Cu, O, Ag, Cu etc), en la formación de las especies oxidadas que se transforma en los lodos anódicos y en cómo pueden afectar a la calidad de la electrodeposición del cobre en las placas y a la eficiencia de corriente del proceso.

“Estudio experimental de los parámetros que influyen en el equilibrio químico del electrolito del refino de cobre de Atlantic Copper”

I.P: Daniel Alejandro Sanchez-Rodas Navarro

IMPORTE 33.000 €

Estudio experimental de los parámetros que influyen en el equilibrio químico del electrolito del refino de cobre de Atlantic Copper” con el objetivo de:

1. Realizar análisis de especiación del electrolito de los 7 circuitos de refinería (As, Sb y Fe) en vista de la puesta en marcha de la planta de eliminación de Sb y Bi.

5. Contratos de Investigación

En principio se van a realizar dos ciclos de carga a la resina a la semana, y habría que controlar cómo se está comportando el lecho de cobre implantado para la reducción del Fe(III) y Sb(V). Para ello, se propone tomar muestras en las siguientes corrientes:

- Electrolito entrada lecho Cu
- Electrolito salida lecho Cu y entrada a resina intercambio iónico.

1ª muestra: tras pasar 2 horas del inicio de la carga al lecho de Cu

2ª muestra: tras pasar 5 horas del inicio de la carga al lecho de Cu

3ª muestra: justo antes de la finalización del electrolito por este lecho

-Electrolito salida resina y vuelta a planta comercial.

1ª muestra: tras pasar 2 horas del inicio de la carga al lecho de resina

2ª muestra: tras pasar 5 horas del inicio de la carga al lecho de resina

3ª muestra: justo antes de la finalización del electrolito por este lecho

Esto implicaría en principio 7 muestras para especiación de As, Sb y Fe, 2 veces a la semana, durante 1 mes y medio.

Una vez que la planta se haya puesto en marcha (a partir de mediados de mayo), 7 muestras mensuales a establecer en función de la conveniencia cuándo realizarlas.

Habría que evaluar también el efecto que tiene la devolución de este electrolito sin Sb y Bi a la planta comercial. Como ya se sabe, dicha resina elimina el 75% del Sb(III) y el 25% del Sb(V). Esto implica que el Sb que regrese en la corriente será mayoritariamente Sb(V) y puede que tenga o no un efecto negativo.

Por ello se propone tomar 1 muestra de los 7 circuitos de electrolito justo tras la unificación del electrolito comercial y el electrolito que se devuelve de la planta de Sb y Bi cada vez que se realice un ciclo a la planta de Sb.

De igual forma, como parámetro de control, tomar también las 7 mismas muestras de electrolito 1 vez al mes.

En todos los casos, las muestras se diluirán in situ por el personal de laboratorio de AC, y serán transportadas al laboratorio del CIQSO de la Universidad de Huelva. Los análisis de especiación de As, Sb y Fe se llevarán a cabo en el laboratorio del grupo de investigación "Geología y Geoquímica Ambiental" del CIQSO, por parte del personal de la universidad adscrito al proyecto. La determinación de Sb, Fe y As total por la técnica analítica ICP se realizará en el laboratorio de Atlantic Copper S.L.U..

2. Realizar dopajes con compuestos de As, Sb y Bi al electrolito para ver cuáles son sus efectos, que compuestos precipitan y en qué medida.

3. Definición de las principales reacciones que controlan la ratio de oxidación del electrolito, así como sus cambios en él. Además de las reacciones, estudiar cuáles es/son el /los limitantes en cada una de las reacciones. Se propone usar HSC como soporte.

4. Explicar/justificar los cambios que se producen en el potencial redox y su relación con cambios en el proceso.

5. Mecanismos para prevenir la formación de lodos flotantes y precipitación de arseniatos. Desarrollo empírico del diagrama de equilibrio.

5. Contratos de Investigación

6. Para los puntos 3, 4 y 5, se prevé llevarlos a cabo a través de la experimentación con una celda electrolítica a escala laboratorio que reproduzca las condiciones a escala industrial. Para ello, las partes se compromete a firmar más adelante el correspondiente acuerdo para que AC pueda adquirir la citada Celda Experimental con el fin de instalarla en un laboratorio para realizar refino de ánodos de composición conocida (alto contenido en impurezas), y ver su efecto en el electrolito, así como los lodos anódicos que se generan. Con esto se busca encontrar una relación entre la composición de los ánodos y la posterior disolución en el electrolito y precipitación al lodo anódico.

“Caracterización de residuos de Atlantic Copper y diagnóstico de las potenciales aplicaciones”

I.P: Juan Pedro Bolívar Raya
Importe: 28.711,5 €

Este proyecto pretende un doble objetivo, por un lado realizar una exhaustiva caracterización de diversos residuos aun sin valorizar (“torta de neutralización de la planta de yeso”, ”torta de la Planta de tratamiento de electrolito”, “torta del lavado de gases del Horno Eléctrico actual”, “torta del lavado de gases del Horno eléctrico previsto” y “torta de finos del tratamiento de los oxisulfatos”), desde el punto de vista físico, químico, mineralógico, y microestructural, así como determinar el grado de movilidad de los diferentes contaminantes presentes en la matriz. En segundo lugar, y a partir de los resultados obtenidos en el primer objetivo y del estado del arte de las aplicaciones de residuos con propiedades similares, se realizará un diagnóstico de las mejores estrategias a seguir para la valorización de los distintos residuos caracterizados. 2. OBJETIVOS

El objetivo principal a desarrollar en este proyecto es la caracterización física, química, mineralógica, microestructural y la evaluación del grado de inertización (movilidad de los contaminantes) de los residuos especificados.

Para conseguir este objetivo se determinará la composición mineralógica (DRX), los elementos mayoritarios (FRX) y elementos traza (ICP-MS ó ICP-OES), comportamiento térmico de los mismos (TGA), granulometría, estudio microestructural mediante la utilización de la microscopia electrónica de barrido (SEM-EDX) y, por último, la realización de test de lixiviación con objeto de analizar la movilidad de los metales que contengan. Una vez caracterizados, se definirán las posibles vías de valorización.

Además, el proyecto contempla realizar propuestas de inertización de la relación de residuos a estudiar a partir del estudio de caracterización del mismos, aunque el estudio de la viabilidad técnica de las propuestas con mayor probabilidad de éxito técnico y comercial quedan fuera del objeto de este proyecto. Este estudio consistirá en una búsqueda de alternativas para transformar un residuo peligroso en no peligroso. De este modo, y dada la naturaleza del mismo, se pretende la recuperación de metales o compuestos metálicos cuya comercialización en el mercado suponga un valor añadido, generando un beneficio económico y medioambiental a la empresa

“Estudio de las propiedades absorbentes de dióxido de azufre por materiales inorgánicos”. Firmado el 9 febrero 2018 + Adenda en nov 2018

I.P: Pedro J. Pérez.
Importe: 38.016,53 €

Estudio de las propiedades absorbentes de dióxido de azufre por materiales inorgánicos”
El presente estudio consta de tres apartados que se desarrollarán de manera secuencial, y que se des-

5. Contratos de Investigación

criben de manera sucinta a continuación:

a) Construcción de un sistema experimental para la simulación a escala de laboratorio de la absorción de dióxido de azufre por absorbentes sólidos inorgánicos.

En este primer estadio se procederá al diseño, montaje y prueba de un sistema experimental que permita medir con precisión flujos de SO₂ a temperatura variable y su absorción mediante sólidos inorgánicos descritos a tal efecto.

b) Estudio de los materiales en uso por AC y de posibles sustitutos.

Una vez se disponga del sistema experimental se procederá al análisis de los materiales en uso por AC en su planta, evaluando distintas propiedades de los mismos (saturación, reciclabilidad, etc). Asimismo, se procederá a la comparación con otros sólidos disponibles en el mercado, con objeto de proporcionar una escala de efectividad.

c) Diseño de nuevos materiales

El conocimiento adquirido de los pasos anteriores podría permitir mejorar las propiedades de los sólidos empleados o, en determinados casos, generar nuevos absorbentes que sería igualmente testados en condiciones similares a las que pudieran encontrarse en la planta de AC. Esta última tarea dependerá del grado de avance realizado en la anterior.

“Estudio de la degradación de los materiales refractarios utilizados en la construcción de hornos pirometalúrgicos”

I.P: Ignacio Moreno-Ventas Bravo

Doctorando: Ismael Pérez

Importe: 2.148,6 €

Este estudio consiste en la realización de dos estudios post-mortem: uno dedicado al Horno Peirce Smith y el otro al horno eléctrico. Además se analizará un estudio adicional sobre el ataque de escorias (del horno flash, horno eléctrico y convertidor) a probetas del material refractario de distintas calidades.

En primer lugar se trata de caracterizar: 1) los refractarios originales sin degradación; 2) las materias primas para la fabricación de estos refractarios; 3) los materiales refractarios degradados de ambos hornos en base al estudio post-mortem al término de su ciclo de operación.

En segundo lugar, se trata de estudiar los mecanismos de degradación: 1) Los procesos de interacción de las escorias con los materiales refractarios del horno eléctrico; 2) Los procesos de interacción de las escorias con los materiales refractarios del convertidor; 3) Los procesos de modificación de las propiedades físicas de los refractarios como consecuencia de la intrusión de cobre fundido en sus espacios poro; 4) La distribución de los planos de fracturación de los materiales refractarios degradados muestreados en distintas posiciones de los dos hornos mencionados.

En tercer lugar se va a estudiar el resultado del ataque controlado, en laboratorio, de escorias (horno eléctrico, convertidor y horno flash) sobre diferentes calidades de materiales refractarios.

Por otro lado, se van a modelar mediante elementos finitos (COMSOL):

- 1) Deformación térmica del convertidor durante el calentamiento y la operación.
- 2) Flujo de los gases en el interior del convertidor.
- 3) Dinámica del baño fundido en el proceso de soplado.

6. Congresos y Papers

6 Congresos y Publicaciones

SEM 2018

En 2018 se ha asistido al Congreso SEM 2018 (MADRID)

Póster: **“Temperaturas liquidus de escorias de fusión flash”**

Autores: María Bacedoni Morales, Ignacio Moreno-Ventas Bravo, Guillermo Ríos.

Póster: **“Modelos de viscosidad en fundidos: escorias de fusión flash de la metalurgia del cobre”**

Autores: Irene Raposo-Gutiérrez, José Rodríguez-Quintero, Ignacio Moreno-Ventas-Bravo.

Póster: **“Thermogravimetric analysis of a polymetallic copper sulphide concentrate”**

Autores: M. Vázquez, M. Rabaçal, M. Costa, I. Moreno-Ventas.

Póster: **“Degradación de refractario de magnesio-cromita en hornos de refino de cobre”.**

Autores: I. Pérez Pina, I. Moreno-Ventas Bravo, G. Ríos Ransanz.

XLI Congreso de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular

Santander 10 - 13 SEPTIEMBRE 2018

Póster: **“Biometalurgia: recuperación de cobre de residuos industriales mediante el uso de bacterias quimiolitotrofas hiperacidófilas”**

Autores: Pedro Borrego, María Bacedoni, Ignacio Moreno-Ventas y Francisco Córdoba

6th International Conference on Sustainable Solid Waste Management Manuscript Submission

Fecha: 13-16 Junio 2018

Póster: **Arsenic Removal from Sludge Generated in an electrolyte Treatment Plant**

Autores: Daniela C Paz-Gómez, Silvia M Pérez-Moreno, Irene Ruiz-Oria, Guillermo Ríos, and Juan Pedro Bolívar.

Seminario: Soluciones en Refractarios para la Industria del Cobre 2018.

14-15 Junio 2018. Santiago de Chile, Chile.

Ponencia: **“Aplicaciones de la tecnología refractario-fibra en puntos críticos”.**

Autor: Ismael Pérez Pina (Atlantic Copper S.L.U.)

6. Congresos y Papers

Papers

Mineral chemistry and phase equilibrium constraints on the origin of accretions formed during copper flash smelting

MINERALS & METALLURGICAL PROCESSING - Vol. 34 No. 1

J.C. Fernández-Caliani, I. Moreno-Ventas, M. Bacedoni, G. Ríos

Post-mortem study of magnesia-chromite refractory used in Peirce-Smith Converter for copper-making process, supported by thermochemical calculations

CERAMICS INTERNATIONAL. 2018

Autor : Ismael Pérez

Chemical degradation of magnesia-chromite refractory used in the conversion step of the pyrometallurgical copper-making process: A thermochemical approach.

CERAMICS INTERNATIONAL. 2018

Autor : Ismael Pérez

Post-mortem Study of Magnesia–Chromite Refractory Used in a Submerged Arc Furnace in the Copper-Making Process.

JOURNAL OF METALS. 2018

Autor : Ismael Pérez

Comparative analysis of refractory wear in the copper-making process by a novel (industrial) dynamic test.

CERAMICS INTERNATIONAL. 2018

Autor : Ismael Pérez

Post-mortem study of magnesia-chromite refractory used in the gas area of a Submerged Arc Furnace for the copper-making process.

BOLETIN SOCIEDAD ESPAÑOLA CERAMICA Y VIDRIO. 2018

Autor : Ismael Pérez

“Diagnose for valorisation of reprocessed slag cleaning furnace flue dust from copper smelting”

JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION 194 (2018) 383-395

S.M. Pérez-Moreno, M.J. Gázquez, I. Ruiz-Oria, G. Ríos, J.P. Bolívar

Título: Kinetic evolution of Chalcopyrite thermal degradation under oxidative environment

Autores: Marta Vazquez, Ignacio Moreno-Ventas, Irene Raposo, Alberto Palma, Manuel Jesús Díaz

Revista: Intermetallics

‘Título: Kinetic of Pyrite thermal degradation under oxidative environment

Autores: Marta Vazquez, Ignacio Moreno-Ventas, Irene Raposo, Alberto Palma, Manuel Jesús Díaz

Revista: Journal of Thermal Analysis and Calorimetry

7. Colaboraciones

7 Colaboraciones con otras Instituciones

En 2018 ha continuado la colaboración con la Universidad de Concepción (Chile) y la Universidad de Lisboa (Instituto Superior Técnico) sobre la tecnología de Drop Tube Furnace disponible en ambas instituciones y que constituye una de las líneas de interés de Atlantic Copper S.L.U.

Por otro lado, se están llevando a cabo gestiones para el desarrollo de un convenio específico que permita la cotutela de doctorandos, en líneas de metalurgia extractiva del cobre, entre la Universidad de Concepción (Chile) y la Universidad de Huelva.

Es objetivo de la Cátedra desarrollar los contactos necesarios para establecer un máster interuniversitario en el que colaboren la Universidad de Huelva, la Universidad de Concepción y Atlantic Copper para dar cumplimiento a uno de las líneas de interés manifestada en el Convenio de Creación de la Cátedra Atlantic Copper en el que se menciona “participación de Atlantic Copper en los consorcios o grupos de apoyo a Másteres de la Universidad de Huelva”. En este sentido, la Cátedra Atlantic Copper ha desarrollado en 2018 los contactos pertinentes para alcanzar este objetivo. En este sentido el Curso de Metalurgia del Cobre, en su segunda edición, constituye una experiencia piloto para la colaboración en materia formativa entre la Universidad de Huelva, Atlantic Copper S.L.U. y la Universidad de Concepción.

8 Prácticas de Alumnos de la Universidad de Huelva en Atlantic Copper S.L.U.

Fruto de un convenio de colaboración entre la Universidad de Huelva y Atlantic Copper S.L.U. un total de 21 alumnos pudieron realizar prácticas en las instalaciones de la Planta y Refinería de Atlantic Copper S.L.U. en Huelva.

