

ENCUENTRO DE LA ACADEMIA.

"Colaboración Universidad Nacional San Agustín
de Arequipa – Colorado School of Mines"

**Dr. HENRY GUSTAVO POLANCO
CORNEJO**

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN

UNSA - 2025



Relación “Academia – Empresa” desde la investigación.

Relación	Ejemplos de colaboración
Academia ↔ Investigación	Proyectos conjuntos, tesis, publicaciones.
Academia ↔ Empresa	Prácticas profesionales, consultorías, transferencia de tecnología, patentes
Empresa ↔ Investigación	Desarrollo de productos, patentes, innovación abierta.
Trilateral (Academia - Empresa - Investigación)	Parques tecnológicos, incubadoras, consorcios de innovación.

Beneficios de esta relación:

- Innovación tecnológica.
- Mayor empleabilidad de egresados.
- Soluciones a problemas sociales y productivos.
- Desarrollo socio – económico local, regional y nacional.



Relación “Academia – Empresa” desde la investigación.

- Investigación.
- Innovación.
- Desarrollo del capital humano.

- Definición de políticas públicas.
- Financiación y estímulos.



- Aplicación y transferencia de conocimiento.
- Nuevos productos y servicios en el mercado.



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Visión general

Abordar técnicamente la extracción de recursos naturales de una manera sostenible, que respalda las economías locales y minimiza los impactos ambientales.

Actor	Rol Principal
Universidad (UNSA) – Arequipa, Perú	Investigación aplicada, generación de conocimiento, propiedad intelectual y patentes, formación de talentos
Colorado School of Mines – USA	Desarrollo de soluciones informadas, pilotaje de tecnologías en campo, transferencia tecnología
Empresa	Financiamiento, implementación de protocolos de remediación y escalado.



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Documentación oficial

En sesiones de Consejo Universitario se aprobaron los siguientes acuerdos

- RCU N° 0338-20219 del 22 de abril del 2019, se aprueba el convenio UNSA -Mines para desarrollar 09 proyectos de investigación
- RCU N° 0024-2021, del 15 de enero del 2021, se aprueba la adenda N° 1 al convenio para desarrollar 08 proyectos de investigación
- RCU N° 0084-2025, del 17 de febrero del 2025, se aprueba un nuevo convenio para el desarrollo de 045 proyectos de investigación

Modalidad

- Co – investigación: participación de docentes y estudiantes de la UNSA y de Mines en el ejecución de cada proyecto, las actividades se desarrollan tanto el EE UU y Arequipa
- Transferencia tecnológica y conocimiento de los procesos



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines

Entregables académicos cumplidos

Fase	N° proyectos	Equipos adquiridos	Articulos científicos publicados	Docentes UNSA
I	9	\$ 501,322.00	15	31
II	8	\$ 439,000.00	40	35
III	4	En proceso	En proceso	24
Total	21	\$ 944,322.00	55	90

- Elaboración del perfil del Centro Internacional de Investigación e Innovación en Minería Sostenible (CIIMS) – Characato, implementación de 12 laboratorios para: Geofísica, Geología, Minas, Metalurgia y M. Ambiente
- Libro – Texto: “Investigación en Minería Sostenible para la Región Arequipa”

Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Entregables académicos cumplidos

- Libro: “Tratamiento de residuos de la minería de oro en América Latina.”
- Libro, “Uso de humedales artificiales para la limpieza de aguas superficiales contaminadas en América Latina y el Caribe.
- Libro, “Riesgos Geológicos en las Cuencas de la Región de Arequipa - Identificación y Gestión.
- Libros, “Perspectivas de la gestión actual de sedimentos en nueve países de las Américas” y “Educación infantil sobre el cuidado del agua: la experiencia de 11 países de las Américas y el Caribe.”

Ubicación Información: Servidor UNSA de 4 TG, administrado por la OTI

Pag webb: <https://miningsustainability.mines.edu>

Pag webb: <https://vri.unsa.edu.pe>

Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Primera fase:

- P1: Neutralizar iones de cianuro en los efluentes de la minería de oro
- P2: Programa de impacto: Majes y San Camilo
- P3: Transformación de los pasivos mineros en beneficios
- P4: Tratamiento sostenible para la eliminación de metales de aguas deterioradas
- P2: Programa de impacto: Majes y San Camilo
- P6: Evaluación y gestión de riesgos para peligros geológicos cerca de operaciones mineras formales e informales
- P7: Geología predictiva y geometalurgia en minas a pequeña escala
- P8: Evaluación geomecánica de peligros de caída de roca en minas subterráneas a pequeña escala
- P9: Ventilación de minas - para la minería artesanal y a pequeña escala



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Segunda Fase:

- P21: Tecnología para la descontaminación de fuentes de cianuro
- P22: Creación de imágenes geofísicas en Majes y Majes II para geología, agua, subsuelos cementados y riesgos de deslizamientos de tierra
- P23: Alternativas tecnológicas para tratar los contaminantes en relaves de las cuencas hidrográficas
- P24: Alternativas tecnológicas para tratar contaminantes de aguas en cuencas hidrográficas
- P26: Evaluación de los riesgos geo-ambientales para diez comunidades de la región de Arequipa
- P27: Caracterización hidrológica, geológica y de calidad del agua para las cinco cuencas de la región de Arequipa,
- P28 - Caracterización y evaluación para la recuperación de metales secundarios en desechos (escoria, lixiviados y relaves) y desarrollo de tecnologías para la producción de metales secundarios en desechos



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Tercera fase

- P31. Sostenibilidad de las aguas subterráneas de la región Arequipa:
- modelación integrada de los acuíferos y evaluación general de los datos de aguas subterráneas
- P32. Producción de concreto y ladrillos geo polímeros usando relaves de Arequipa en una nueva planta piloto en Río Seco
- P33. Humedales artificiales a base de diatomeas para tratar agua de ríos con aplicaciones de riego en la región de Arequipa.
- P34. Investigación sobre la presencia y viabilidad de minerales de Tierras Raras en el sur del Perú



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Entregables técnicos cumplidos

- Proyecto: “Tecnologías para la descontaminación de Cianuro en los efluentes de pequeñas explotaciones mineras” (P1 – P2.1)

Resumen de Impactos

- Desarrollo de una tecnología innovadora para la recuperación de cianuro.
- Desarrollo de herramientas de costos económicos para informar las operaciones de campo.
- Construcción de una unidad de tratamiento con energía solar aislada de la red.
- Colaboraciones interinstitucionales para planificación experimental, análisis de oportunidades y preparación de papers.
- Construir colaboraciones con la minería artesanal y pequeña minería con el equipo de UNSA

Investigadores

Dr. Christopher Bellona

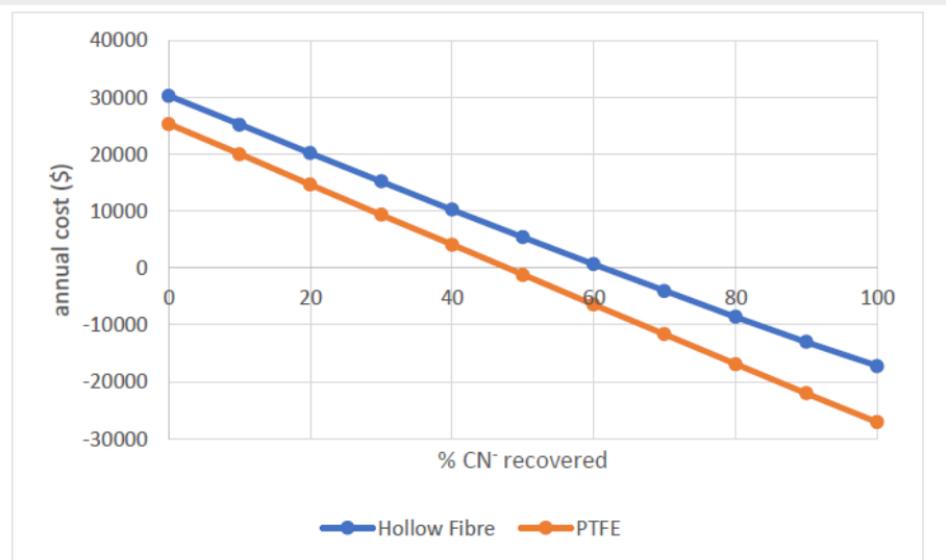
Dr. Francisco Domingo Alejo Zapata y Dr. Henry Gustavo Polanco Cornejo

- Artículo: “Photocatalytic Advanced Oxidation Process for Neutralizing Free Cyanide in Gold Processing Effluents in Arequipa, Southern Peru”



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines

Entregables técnicos cumplidos



Yearly costs of operating a membrane distillation system in a model mine

Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Entregables técnicos cumplidos

- Proyecto: “Desarrollo de Soluciones Sostenibles e Innovadoras para la Reutilización de Relaves Mineros en Arequipa Como Materiales de Construcción” (P3 – P 23 – P32)

Resumen de Impactos

- Generación de información de alta calidad y en profundidad sobre el potencial de reutilización de relaves disponibles en la región de Arequipa,
- Identificación de las mejores técnicas para la inmovilización y solidificación de los contaminantes y metales pesados en los relaves
- Crear nuevos materiales de construcción con una menor huella de carbono

Investigadores

Dr. Ahmadreza (Reza) Hedayat

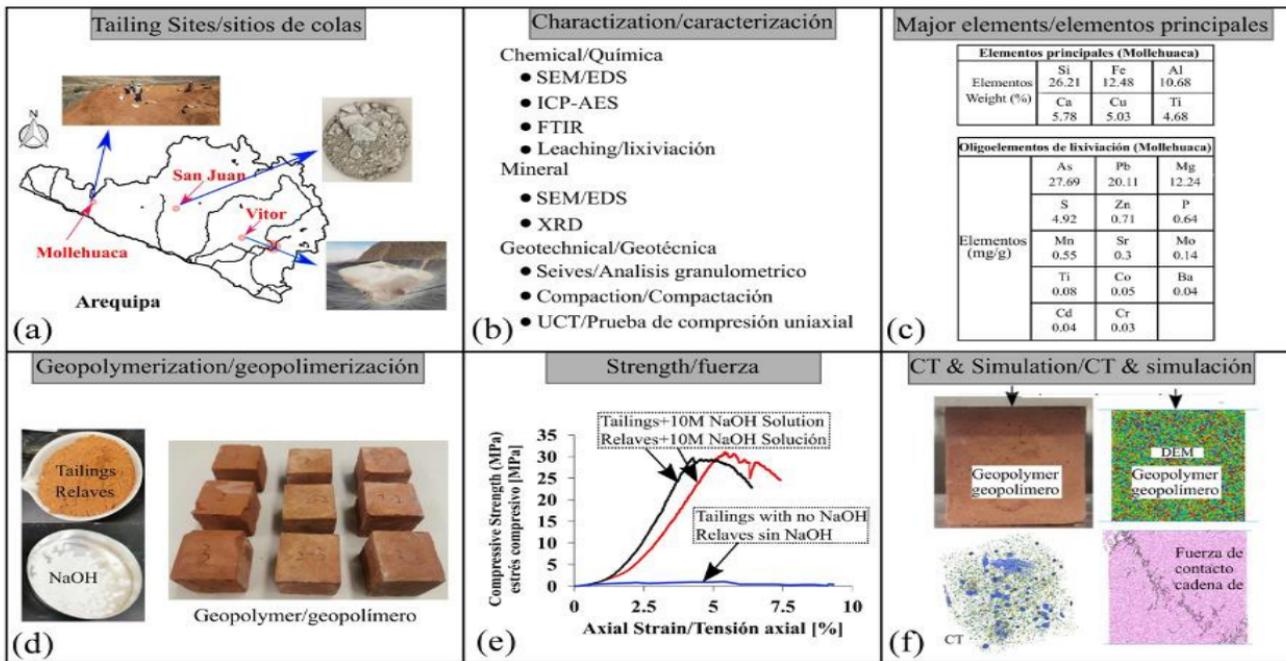
Dr. Héctor Gelber Bolaños Sosa

Artículo: “Mechanical and fracture behaviors of compacted gold mine tailings by semi-circular bending tests and digital image correlation. Construction and Building Materials”



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Entregables técnicos cumplidos



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Entregables técnicos cumplidos

- Proyecto: “Sistemas de humedales de ingeniería híbrida para el tratamiento de contaminantes metálicos y de nutrientes del agua en aguas fluviales en la región de Arequipa ” (P4 – P24 -

Resumen de Impactos

- Diseño de prototipos de laboratorio (un "BioFlume" y "mini canales") de humedales de ingeniería de flujo continuo con el objetivo de transferir esta tecnología, para la experimentación en aguas reales de la región.

Investigadores

Dr. Jonathan O. (Josh) Sharp

Dr. Lino Félix Morales Paredes

Artículo: “Procesos de membrana impulsados por presión para la eliminación de boro y arsénico: pH y efectos sinérgicos”.



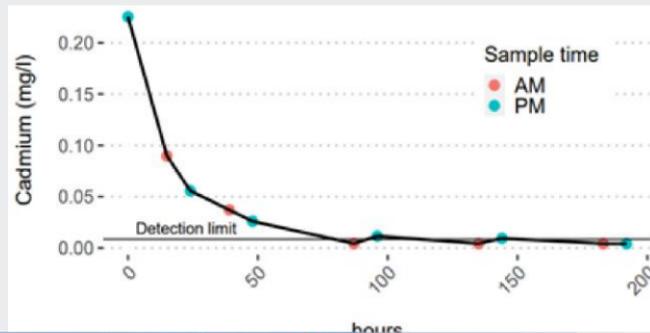
Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Entregables técnicos cumplidos



Prototipos de humedales

Sistema de membranas de ósmosis inversa independiente (izquierda) e integrado con un humedal (derecha)



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Entregables técnicos cumplidos

- Proyecto: “Evaluación de los riesgos geo-ambientales para diez comunidades de la región de Arequipa”

Resumen de Impactos

- Se creó y verificó un conjunto de mapas de peligros geológicos en el campo
- Se completó un modelo predictivo de peligros de deslizamientos de tierra, que permite la identificación a escala regional de áreas vulnerables
- Se desarrolló talleres comunitarios que han demostrado el valor de la validación conjunta del mapeo de amenazas geológicas

Investigadores

Dr. Paul Santi

Dr. Guido Salas – Dr. Pablo Meza – Dr. Percy Colque

Artículo: “Procesos de membrana impulsados por presión para la eliminación de boro y arsénico: pH y efectos sinérgicos”.



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Entregables técnicos cumplidos

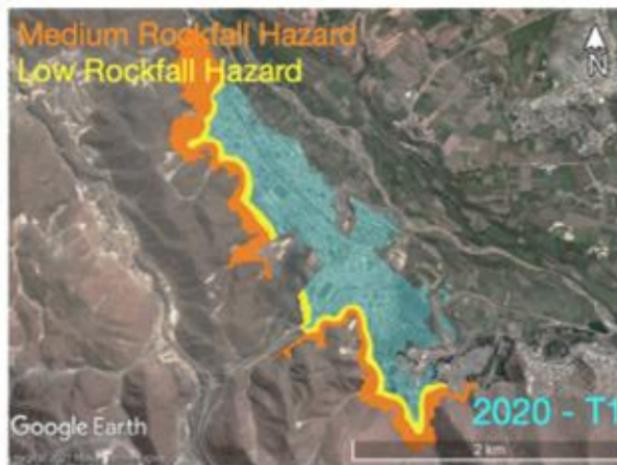
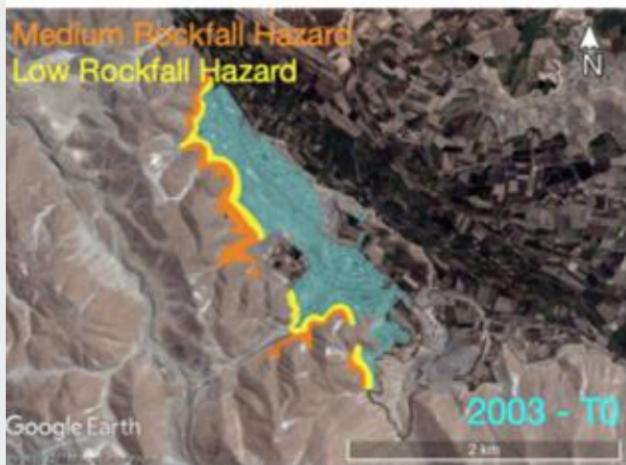


Imagen 23.8: Área de CAÍDA DE ROCAS de Congata (riesgo medio en naranja y bajo en amarillo)

Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Entregables técnicos cumplidos

- Proyecto: Programa de impacto: Majes y San Camilo, Región de Arequipa, Perú”

Resumen de Impactos

- Modelo hidrológico y de calidad del agua SWAT, y el modelo hidrogeológico MODFLOW
- Profundidades de la superficie a la Napa freática varían entre 32 m (bajo los cultivos) y 270 m.
- El incremento promedio de la Napa freática fue de 1.2 m/año,

Investigadores

Dr. Richard Krahenbuhl

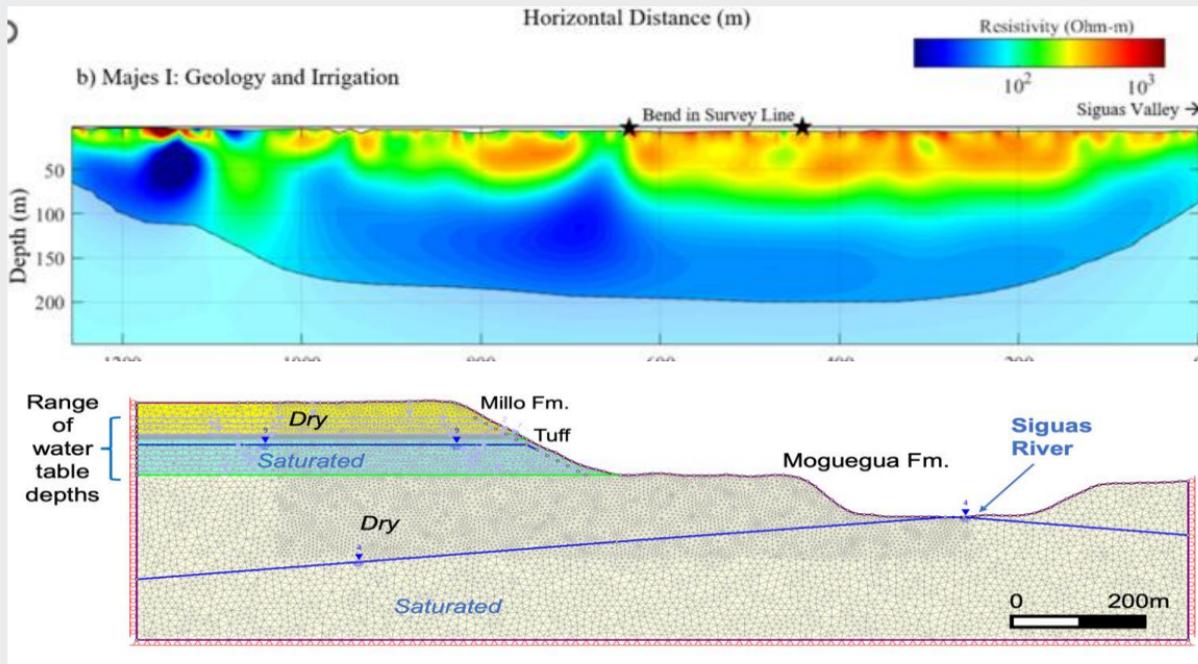
Dr. Hermógenes Edgard Gonzales Zenteno

Artículo: “Integrated geophysical investigation for understanding agriculturally induced landslides in southern Peru”.



Colaboración UNSA - Colorado School of Mines.

Entregables técnicos cumplidos



Resultados del modelamiento mostrando superficie de corte (o de cizalla)

Gracias !

Centre of Sustainable Mining,
Co Directores

Paul Santi

School of Geology, Colorado
School of Mines

E-mail: psanti@mines.edu

Henry Gustavo Polanco Cornejo

School of Process Engineering,
UNSA

E-mail: hpolancoc@unsa.edu.pe



