

Oportunidades del aprendizaje automático en la industria minera

Gonzalo Farias

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Valparaíso, Chile.

Madrid, 29 de Abril de 2015

Industria minera del cobre en Chile

- Chile es el mayor productor y exportador de cobre en el mundo.
- El cobre es el sector más activo en el desarrollo económico nacional, tanto como el monto de sus inversionistas como la magnitud de su producción.



1. El cobre
 - Industria minera del cobre en Chile
 - Procesos de producción de cobre
2. Oportunidades en la seguridad y mantenimiento
 - APLIK
 - Detección de daño en correas
 - Detección de daño en cables
3. Oportunidades en la producción
 - Escuela de Ingeniería Química
 - Detección de nivel de sedimentación
 - Tamaño burbuja en celda columnar de flotación
4. Consideraciones finales

Proceso de producción de cobre



1. El cobre
 - Industria minera del cobre en Chile
 - Procesos de producción de cobre
2. Oportunidades en la seguridad y mantenimiento
 - APLIK
 - Detección de daño en correas
 - Detección de daño en cables
3. Oportunidades en la producción
 - Escuela de Ingeniería Química
 - Detección de nivel de sedimentación
 - Tamaño burbuja en celda columnar de flotación
4. Consideraciones finales

1. El cobre
 - Industria minera del cobre en Chile
 - Procesos de producción de cobre
2. Oportunidades en la seguridad y mantenimiento
 - APLIK
 - Detección de daño en correas
 - Detección de daño en cables
3. Oportunidades en la producción
 - Escuela de Ingeniería Química
 - Detección de nivel de sedimentación
 - Tamaño burbuja en celda columnar de flotación
4. Consideraciones finales

Oportunidades en la seguridad y mantenimiento 770

Aplik: Anuncio

EL MERCURIO DE VALPARAISO (Domingo 2 de junio de 2013)

<p>COLEGIO DE CONCON NECESITA Docentes Ciencias Naturales, Física, Química y Biología, Asistentes de Párvulos, media jornada. Carrículum a: persorak@vtr.net</p> <p>COLEGIO REQUIERE Educadora de Párvulos, 1. llamar 22992084 y 22992084 para más detalles.</p> <p>DISEÑADOR(A) GRÁFICO NECESITO para proyecto permanente en modalidad Part-time. Enviar Carrículum a: riber@powercolor.cl</p> <p>DOCTOR EN PROCESAMIENTO DE Imágenes, con dominio de algoritmos. Enviar curriculum a: peobalacion@aplik.cl</p> <p>EDUCADORA DIFERENCIAL DEFICIT intelectual (titulada), 20 horas PM. Chufo- buco 640, Quilicura. cca@aplik@gmail.com</p> <p>EDUCADORA DIFERENCIAL, PSICO- PEDAGOGA Lengua (20) Mañanas 11:00-13:00 hrs. 3530, Quilicura.</p>	<p>1310 Supervisores y Jefes se Necesitan ABIERTA INSCRIPCION CURSO Supervisor Seguridad, acreditado, inicia 10-06-2013, 2233991, www.inscap-rla.cl</p> <p>CONSTRUCTORA UBICADA EN Curanipe, solicita Maestros de Terminación, Jorralos, Carpinteros y Albañiles con experiencia, presentarse Avenida Laguna La Luz 1/h Curanipe a 2298472.</p> <p>1311 Técnicos se Necesitan</p> <p>AGENCIA ADUANA necesita Pedidos Auxiliares de Importaciones, experiencia demostrable con clientes en Valparaíso. Remuneración acorde al mercado. Y un tramitador en labores de comercio exterior. Enviar curriculum a: pfgosajay@hcc.cl</p>
--	---

Oportunidades en la seguridad y mantenimiento 1070

Aplik: Investigación y tecnología aplicada



Tecnologías

- Robótica
- Control Automático
- Trazabilidad
- Visión Artificial
- Data Mining
- Láser

Oportunidades en la seguridad y mantenimiento 8/70

Aplik: Localización



Oportunidades en la seguridad y mantenimiento 11/70

Aplik: Sistema de Monitoreo de Pilas de Lixiviación




- Eliminó la exposición de operarios a situaciones de riesgo de accidentes en las Pilas.
- El sistema entrega un mapa que indica la distribución del regado.
- Este mapa permite a los operadores tomar acciones correctivas en forma oportuna.
- Premio por la Excelencia en Seguridad obtenido en los HSEC Awards de BHP Billiton en Australia

Oportunidades en la seguridad y mantenimiento 9/70

Aplik: Investigación y tecnología aplicada



- Empresa chilena formada el año 2001 por especialistas en electrónica, informática, mecánica y metalurgia.
- Líderes en el mercado de Sistemas de Visión Artificial para los sectores de minería e industria.

Oportunidades en la seguridad y mantenimiento 12/70

Aplik: Medición de daños en correas y cables

Aplik
Investigación y Tecnología Aplicada

Medición de Daño y Detección de Corte en Correas
Especificación de Algoritmos

Documento Elaborado por Aplik
versión 1.0

Documento dirigido a personal de Aplik

Julio 2013

Aplik
Investigación y Tecnología Aplicada

Medición de Daño en Cables
Especificación del Algoritmo

Documento Elaborado por Aplik
versión 1.0

Documento dirigido a personal de Aplik

Julio 2013

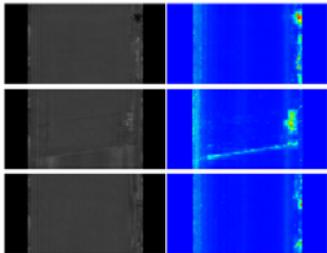
Aplik: Medición de daños en correas



Aplik: Medición de daños en correas



Aplik: Medición de daños en correas



- **Objetivo:** El algoritmo debe detectar aquellas zonas dentro de un segmento de correa que presentan perforaciones o rasgaduras. A partir de esta detección generar un indicador que sirva para medir el tamaño del área dañada y la gravedad de la falla.

Aplik: Medición de daños en correas



Aplik: Medición de daños en correas



Aplik: Medición de daños en correas

Etiquetado de regiones dañadas



Aplik: Medición de daños en correas

Etiquetado de regiones dañadas

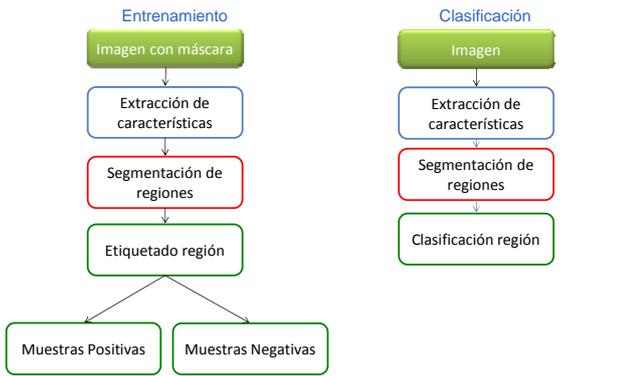


Aplik: Medición de daños en correas

Extracción de características



Aplik: Medición de daños en correas

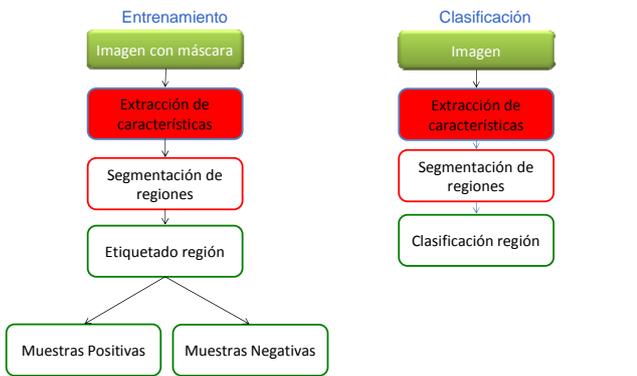


Aplik: Medición de daños en correas

Extracción de características: Gradiente

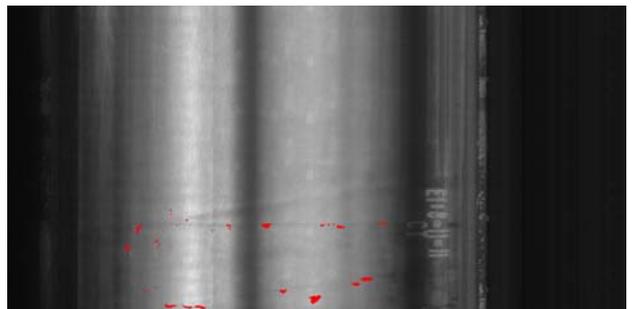


Aplik: Medición de daños en correas



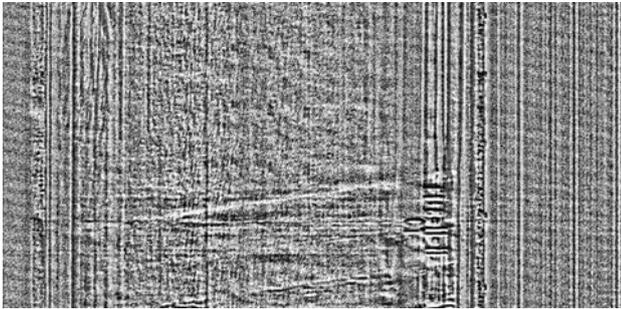
Aplik: Medición de daños en correas

Extracción de características: Máscara



Aplik: Medición de daños en correas

Extracción de características: LBP



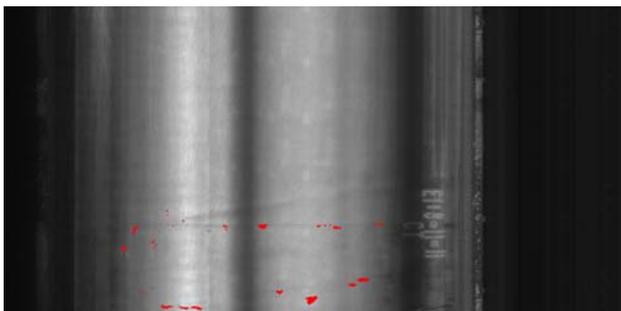
Aplik: Medición de daños en correas

Segmentación de regiones: Conectividad



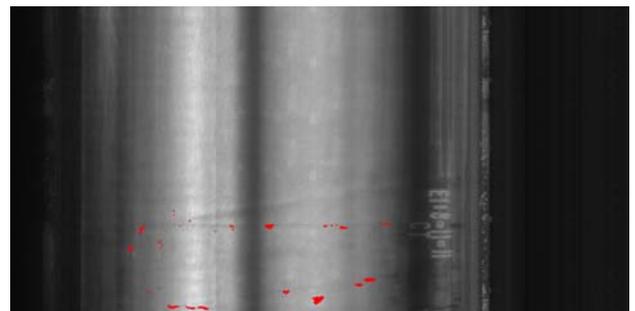
Aplik: Medición de daños en correas

Extracción de características: Máscara

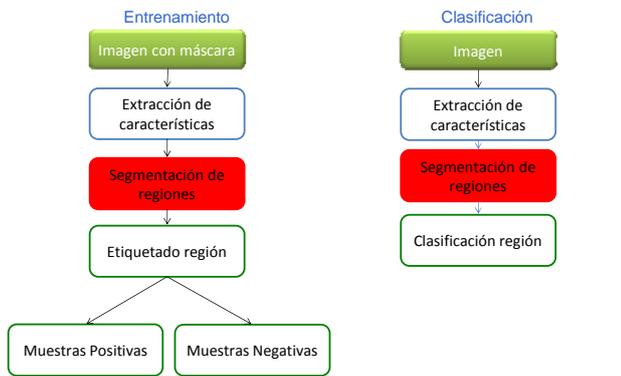


Aplik: Medición de daños en correas

Segmentación de regiones: Máscara

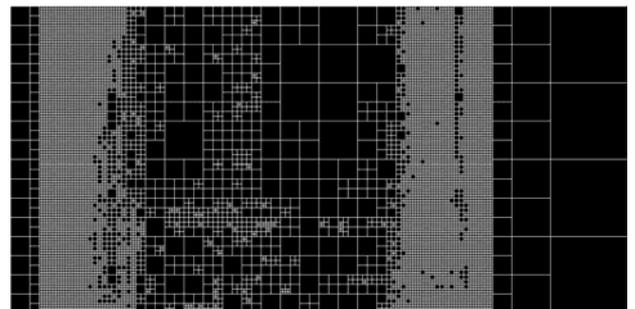


Aplik: Medición de daños en correas



Aplik: Medición de daños en correas

Segmentación de regiones: Rejilla variable



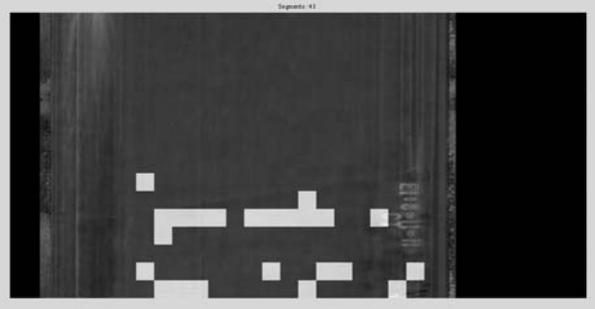
Aplik: Medición de daños en correas

Segmentación de regiones: Máscara de rejilla variable



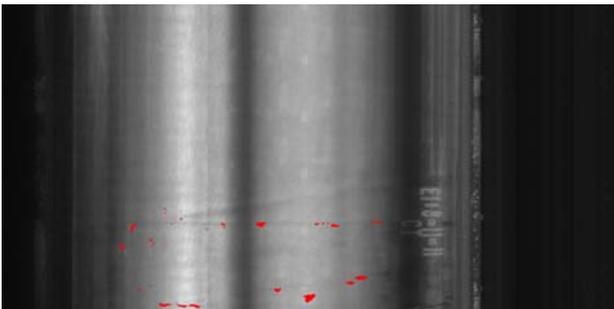
Aplik: Medición de daños en correas

Segmentación de regiones: Rejilla fija (64x64)



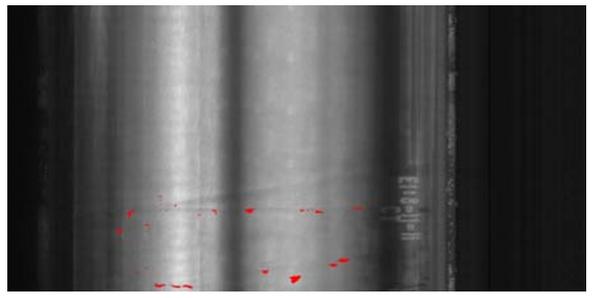
Aplik: Medición de daños en correas

Segmentación de regiones: Máscara



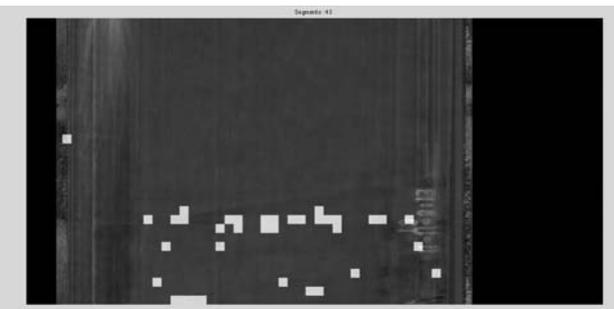
Aplik: Medición de daños en correas

Segmentación de regiones: Máscara



Aplik: Medición de daños en correas

Segmentación de regiones: Rejilla fija (32x32)



Aplik: Medición de daños en correas

Resultados

C: Media y Varianza, S: Rejilla Variable

rbf	0,5	1	2	4
TPR	93%	92%	93%	90%
FPR	40%	39%	42%	43%

C: LBP, S: Rejilla Variable

rbf	1	4	8	16
TPR	1%	55%	60%	50%
FPR	1%	12%	20%	8%

C: LBP, S: Rejilla Fija

ventana	Alto	Ancho	sigma	0.01	0.1	1	0.05	10	4	6
8x8								9-1		
16x16								38-3	0-0	7-0
32x16								60-5	18-0	47-2
32x32										
64x16										
64x32								77-10	52-3	73-6
64x64						0-0				

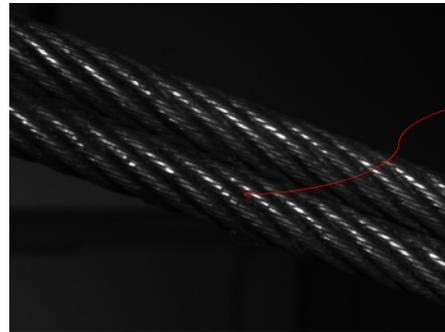
Aplik: Medición de daños en cable



- **Objetivo:** El algoritmo debe detectar, contabilizar y medir estos cortes de alambres de un cable a partir de imágenes laterales.

Aplik: Medición de daños en cable

Enfoque propuesto



Daño

- Difícil distinguir entre daño y regiones entre alambres y torones

Aplik: Medición de daños en cable

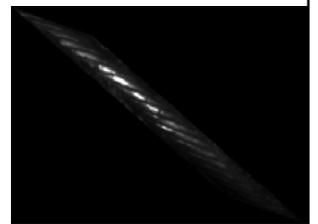
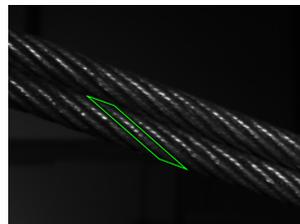
Imágenes laterales



Aplik: Medición de daños en cable

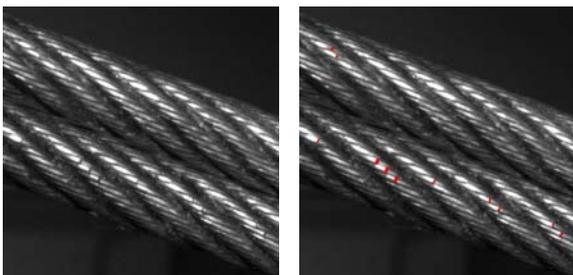
Enfoque propuesto

- Aislar torones de cable.
- Procesar cada torón.
- Búsqueda de daños en alambres dentro de cada torón.
- Clasificador de perfiles



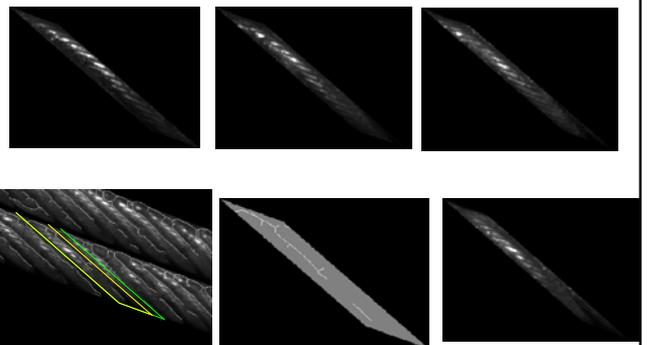
Aplik: Medición de daños en cable

Imágenes laterales



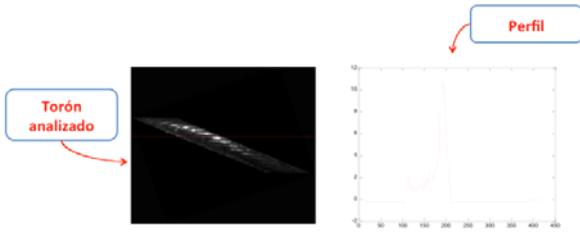
Aplik: Medición de daños en cable

Enfoque propuesto



Aplik: Medición de daños en cable

Enfoque propuesto

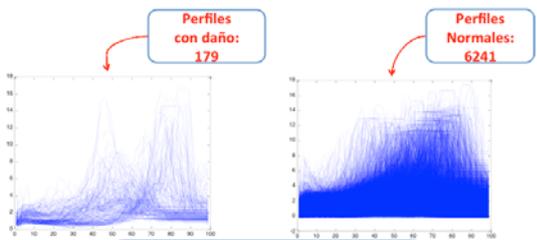


- Características del perfil y daño**
- Perfil: Promedio de tres filas consecutivas
 - Daños: Perpendiculares al alambre
 - Daños: Debería aparecer como disminución abrupta del perfil

1. El cobre
 - Industria minera del cobre en Chile
 - Procesos de producción de cobre
2. Oportunidades en la seguridad y mantenimiento
 - APLIK
 - Detección de daño en correas
 - Detección de daño en cables
3. Oportunidades en la producción
 - Escuela de Ingeniería Química
 - Detección de nivel de sedimentación
 - Tamaño burbuja en celda columnar de flotación
4. Consideraciones finales

Aplik: Medición de daños en cable

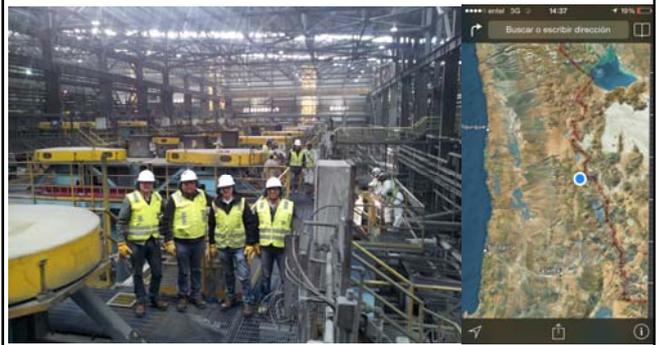
Enfoque propuesto



- Características del perfil y daño**
- Perfil: Promedio de tres filas consecutivas
 - Daños: Perpendiculares al alambre
 - Daño: Debería aparecer como caída y subida abrupta del perfil

Escuela de Ingeniería Química: Colaboración

Collahuasi



Aplik: Medición de daños en cable

Enfoque propuesto



Escuela de Ingeniería Química: Colaboración

Collahuasi

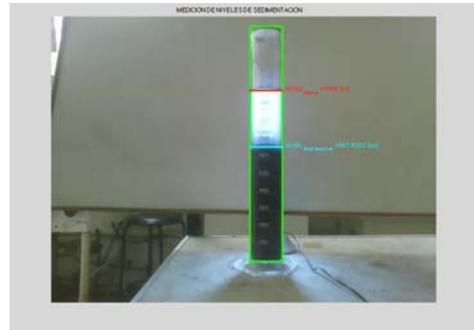


Escuela de Ingeniería Química: Sedimentación



Escuela de Ingeniería Química: Sedimentación

DEMO



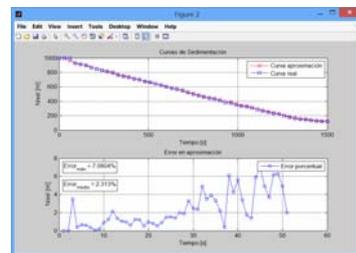
Escuela de Ingeniería Química: Sedimentación



- **Objetivo:** El algoritmo debe detectar automáticamente el nivel de sedimentación en cada instante.

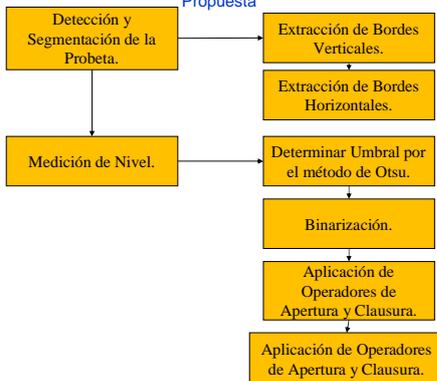
Escuela de Ingeniería Química: Sedimentación

DEMO



Escuela de Ingeniería Química: Sedimentación

Propuesta



Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Flotación a escala industrial: Producción de concentrado de cobre



Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

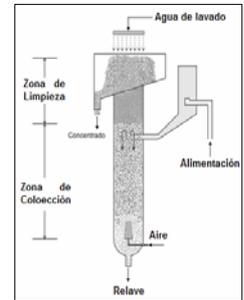
Flotación a escala planta piloto: Pruebas metalúrgicas



Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Flotación a escala planta piloto: Funcionamiento

- Típicamente la altura de las celdas de flotación columnar es entre 9 a 15 mts.
- Compuestas de secciones cuadradas, rectangulares o circulares.
- No cuenta con agitación mecánica.
- Consta de dos zonas: zona de limpieza y zona de colección.



Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

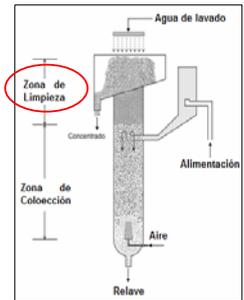
Flotación: Un poco de historia

- A mediados de los años 60 los investigadores canadienses P. Boutin y R. Tremblay, comenzaron la investigación de los procesos de flotación en una **columna a contracorriente**, para procesar minerales finos.
- Esta columna de flotación fue la primera de una generación de aparatos con el principio de funcionamiento a contracorriente de aire y pulpa.
- Alrededor de 1970 en la Canada Iron Company, realizaron las primeras pruebas con estos aparatos, obteniendo resultados metalúrgicos muy satisfactorios.

Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Flotación a escala planta piloto: Funcionamiento

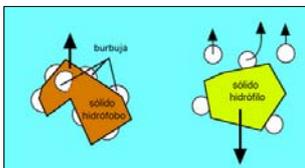
- Se extiende desde la interfaz pulpa-espuma hasta el borde de la columna.
- Recolección de burbujas cargadas de mineral hidrófobo.
- Previene el arrastre hidráulico de partículas no deseadas al concentrado.



Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Flotación: Funcionamiento

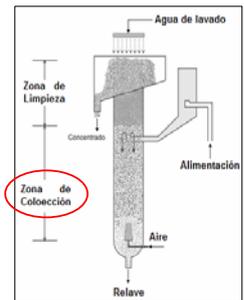
- La flotación se define como un proceso físico-químico, que consta de 3 fases; sólido, líquido y gaseoso.
- La flotación es una técnica que aprovecha la diferencia entre las propiedades superficiales de ambos materiales.
- El objetivo principal es separar los minerales de interés de otros materiales o especies que componen la mayor parte de la roca original.



Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Flotación a escala planta piloto: Funcionamiento

- Esta zona está limitada, en la parte superior, por el punto de alimentación y en la parte inferior por el punto de descarga.
- En esta zona ocurre el contacto entre las burbujas y las partículas de mineral.



Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Flotación a escala planta piloto: Importancia tamaño de la burbuja



- El sistema de inyección de burbujas es una característica que distingue a las columnas de flotación de las máquinas convencionales
- Para que una partícula pueda ser colectada y luego flotada por una burbuja debe haber: a) una colisión entre ellas; b) una adhesión; c) La unión partícula-burbuja debe ser bastante estable para resistir la acción de las fuerzas de desunión.
- La distribución en el tamaño de las burbujas es un factor importante, ya que afecta la eficiencia del proceso.

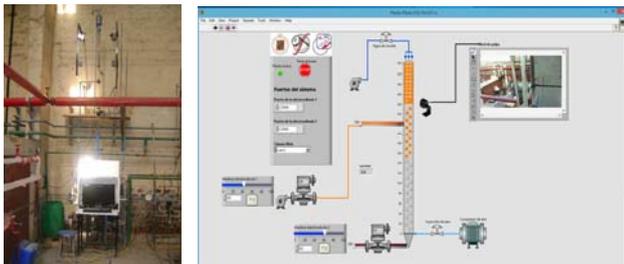
Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Flotación a escala planta piloto: ¿Cómo medir el tamaño de burbuja?



Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Flotación a escala planta piloto: Instrumentación del proceso



Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Tamaño de burbuja: Propuesta

Identificación y estimación de diámetro de uvas. G.Gatica.

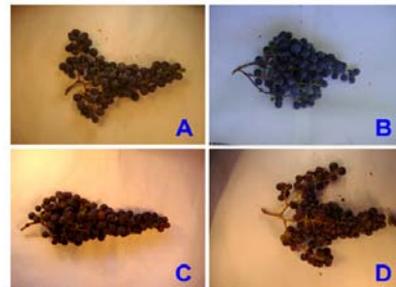


Fig.1: imágenes de racimos tomados en terreno. A) variedad Merlot B) variedad Syrah C) Cabernet y D) Carmeneré.

Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Flotación a escala planta piloto: Tamaño de burbuja homogéneo

Controlador de flujo másico



Mide y controla el flujo de aire inyectado desde el compresor de aire para la generación de burbujas.

Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Tamaño de burbuja: Propuesta

Identificación y estimación de diámetro de uvas. G.Gatica.

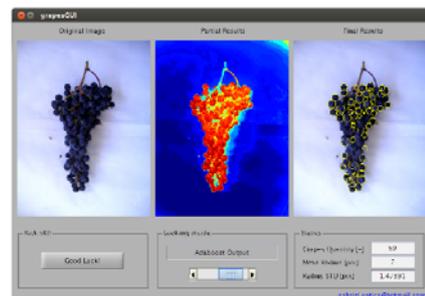


Fig.11: Guide para Matlab con el algoritmo propuesto.

Escuela de Ingeniería Química: Celda Columnar

Tamaño de burbuja: Propuesta

Identificación y estimación de diámetro de uvas. G.Gatica.

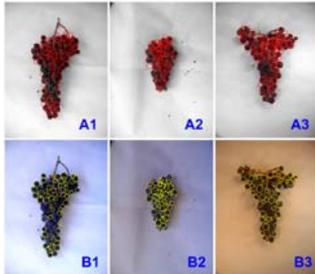


Fig.10: Algunos resultados obtenidos mediante el análisis propuesto. A1, A2 y A3, representan los falsos y verdaderos positivos. B1, B2 y B3, representan los verdaderos positivos detectados, para Cabernet, Shyra y Merlot respectivamente.

Oportunidades del aprendizaje automático en la industria minera

Gonzalo Farias

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Valparaíso, Chile.

Madrid, 29 de Abril de 2015

1. El cobre
 - Industria minera del cobre en Chile
 - Procesos de producción de cobre
2. Oportunidades en la seguridad y mantenimiento
 - APLIK
 - Detección de daño en correas
 - Detección de daño en cables
3. Oportunidades en la producción
 - Escuela de Ingeniería Química
 - Detección de nivel de sedimentación
 - Tamaño burbuja en celda columnar de flotación
4. Consideraciones finales

- El aprendizaje automático y el reconocimiento de patrones permite aplicar las mismas técnicas en contextos diferentes con sin mucho esfuerzo. Podemos pasar de fusión nuclear, detección de daños en correas transportadoras, a medición de tamaño de la uva sin gran dificultad.
- Los tipos de datos que se utilizan son imágenes debido a la disminución de costes de equipos de adquisición de este tipo de señales tanto en el espectro visible, térmico o incluso multiespectral.
- La posibilidad de incorporar nuevos tipos de medida (tamaño de burbuja, clasificación de objetos, etc) puede facilitar la optimización del proceso de un sistema de control. El tamaño de burbuja nos permite cerrar el lazo en la celda columnar.
- Existen oportunidades para aplicar la investigación que se realiza en la Universidad, pero hay que ir a buscarlas al mundo real.
- Si encontramos las oportunidades, se debe tener cuidado con el cambio de escala. Los detalles hacen una gran diferencia.