

# **EL USO DE IMÁGENES AEREAS DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL Y ESPECTRAL PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE ALTERACION Y LA CARACTERIZACION DE DESECHOS EN LA COMSTOCK LODGE, NEVADA**

David W. Coulter  
Overhill Imaging and Cartography LLC, Golden, CO, USA

Phoebe L. Hauff  
Spectral International Inc., Arvada, CO, USA

William Peppin  
Spectir LLC, Reno, NV, USA

## **1.0 Introducción**

Las imágenes hiperespectrales de alta resolución espectral y espacial son usadas para elaborar mapas de minerales de alteración y sustituciones químicas dentro de los minerales asociados con la Comstock Lode en Nevada. Adicionalmente, los minerales de hierro son mapeados para resaltar las ubicaciones con alto potencial de mineralización y/o la generación del drenaje del ácido. La naturaleza de alta resolución de la información facilita las mejoras en la elaboración de mapas y el reconocimiento de minerales derivado de la caracterización señal a ruido.

Los depósitos de minerales del distrito Comstock fueron emplazados por uno de los múltiples eventos hidrotérmicos durante el Mioceno medio. La mineralización principal Comstock Lode selectivamente explotó la entonces activa falla Comstock N15E (y principalmente inclinándose hacia el este), la cual soportó en exceso de 500 m de desplazamiento normal. Mapas detallados identifican doce ensamblajes hidrotérmicos de alteración de minerales que se traslapan, los cuales son clasificados como paquetes de una profunda y baja sulfidación y de una profundidad intermedia de alta sulfidación. Los estilos de alteración arcilloso avanzado múltiple, arcilloso y propilítico, así como el estilo potásico único son identificados.

Los minerales de alteración primarios en el distrito que pueden ser identificados por la detección remota VNIR-SWIR son: alunita, caolinita, diquita, pirofilita (arcilloso avanzado), ilita, sericita/moscovita (arcilloso), y clorita, epidota, calcita, zeolitos (propilíticos). Los minerales en la zona potásica no son fácilmente identificables por los métodos de VNIR-SWIR. La química de la ilita/sericita en el distrito varía y puede ser identificada como cambios en la longitud de onda del mínimo 2200 de ilita. En adición a los minerales de alteración primaria, ocurren los minerales de hierro con supergenes, los cuales proveen tanto las caracterizaciones de la mineralización como las de los desechos de las minas.

## **2.0 METODO**

La información hiperespectral de Prospectir fue recolectada el 17 de Agosto del 2006 por Spectir LLC de Sparks, Nevada. Doce líneas de vuelo fueron adquiridas, paralelas al Comstock Lode con un ancho de faja de 250 m. La resolución de suelo fue nominalmente 1m y la resolución espectral fue de 438 a 489 nanómetros (nm) (398.48 nm a 953.46 nm) y 6.29 nm (964.1 nm a 2454.98 nm). La información fue orto-rectificada por Spectir usando GPS/INS y 10m USGS DEM.

La calibración de la reflectancia aparente fue realizada usando ATCOR 4 y un método empírico propio llamado Virtual Empirical Line Correction (VELC). Se halló que el ATCOR era inestable cuando era aplicado a la información de resolución espectral total y fue, por lo tanto, corrido en una versión re-muestreada espectralmente de la información (~9 nm VNIR y 12.58 nm SWIR). Esta resolución es adecuada para el análisis de la información VNIR pero inaceptable en el SWIR. La corrección VELC preserva la resolución espectral total y es utilizada para la información SWIR.

Las especificaciones del sistema Prospectir proporcionan un Ratio de Señal a Ruido (SNR) mayor que 500 a una reflectancia del 60%. Esto fue verificado mediante el cálculo del SNR (la media dividida por la desviación estándar) en una ventana móvil de 3x3 sobre información que está enmascarada al 30%-60% de reflectancia. En las imágenes de alta resolución espacial, es probable que un área homogénea de por lo menos 3 m x 3 m (en el caso de información de 1 m) sea encontrada de casualidad. En este conjunto de datos un número de techos grandes y un área de lastre de ferrocarril fueron homogéneos. Este abordaje proporcionó una medición independiente del SNR mayor que 600 para la mayoría de los canales.

El análisis de la información es realizado usando una clasificación basada en la forma y una desmezcla parcial. La clasificación basada en la similitud de la curva espectral es llevada a cabo usando el Spectral Correlation Mapper (SCM). La desmezcla parcial es realizada usando el análisis Optimized Cross Correlation Mixture (OCCM). El análisis basado en la posición de la banda de absorción es llevado a cabo usando el ajuste de Gauss.

“Endmembers”<sup>1</sup> basados en imágenes son usados para los análisis. Estos son identificados a través de un proceso iterativo: los probables minerales “endmember” son seleccionados sobre la base del conocimiento acerca de los sistemas de alteración y las mediciones del campo pre-reconocimiento; SCM es corrido usando espectros de la biblioteca de los minerales candidatos; las “mejores” locaciones identificadas por SCM son inspeccionadas en la imagen; y los “endmembers” con mejor imagen son identificados y extraídos. Antes del análisis final, una máscara de vegetación es generada para eliminar todos los píxeles con vegetación. Esto se realiza principalmente para ahorrar tiempo de procesamiento, ya que la vegetación no es de interés en el estudio.

La imagen es dividida en subconjuntos VNIR (400 nm – 1100 nm) y SWIR (2000 nm – 2450 nm) – el análisis del hierro es llevado a cabo en el subconjunto VNIR y el análisis del mineral de alteración es realizado en el subconjunto SWIR. La imagen SWIR es luego segmentada en regiones de ilita y de no ilita. Esto elimina algunas de las complejidades introducidas por el análisis de absorción de Gauss. La imagen no ilita es analizada buscando alunita, caolinita, diquita, pirofilita, clorita y epidota, usando SCM. La imagen ilita es analizada encajando un análisis de Gauss a la absorción ilita y OCCM. Finalmente, el VNIR es analizado buscando mezclas de mineral de hierro usando OCCM. Los resultados fueron verificados con mediciones de campo usando un espectrómetro Analytical Spectral Devices (ASD) Terraspec.

---

<sup>1</sup> Un “endmember” es un mineral que está en el extremo de una serie de minerales en términos de pureza

### 3.0 RESULTADOS

Los resultados de los análisis muestran que la información de alta resolución espacial y espectral proporciona mapas de minerales de alta calidad para el arcilloso avanzado, el arcilloso y los minerales de hierro de supergenes. Sin embargo, el mapa de la alteración propilítica sólo es preciso en algunas locaciones. Esto es probable debido al clima recesivo y al desarrollo de la tierra que enmascara muchas de las zonas propilíticas. La zona de la química de la illita es vista pero no es tan simple como se describe en [2] con la zonificación localizada en pequeña escala siendo más obvia que la zonificación de todo el distrito. Las zonas de alta sulfidación con arcillas de alta temperatura (por ejemplo, diquita y pirofilita) aparentemente caen en una tendencia que es sub-paralela a la Comstock Lode. En por lo menos una de las locaciones, la resolución de 6.29 nm de las imágenes SWIR resolvieron lo que es identificado como illita a resoluciones más gruesas que 10 nm en la diquita. Adicionalmente, la alta resolución espectral del SWIR permite variaciones sutiles en la localización de la illita mínima a ser caracterizada. Finalmente, el mapa del mineral de hierro identifica áreas ricas en sulfuro que representan una posible mineralización y/o botaderos que tienen potencial de drenaje de ácido.

### 4.0 REFERENCIAS

- [1] D.M. Hudson, "Epithermal Alteration and Mineralization in the Comstock District, Nevada", *Econ. Geol.* Vol. 98, N° 2, pp.367 – 385, Mar. – Apr. 2003.
- [2] K. Yang, J.F. Huntington y J. W. Boardman, "Mapping the Comstock Epithermal Mineralization System, Nevada, using Simulated ARIES-I Hyperespectral Data", *The 20<sup>th</sup> Asian Conference on Remote Sensing (ACRS), Hong Kong, China, November 22-25, 1999.*