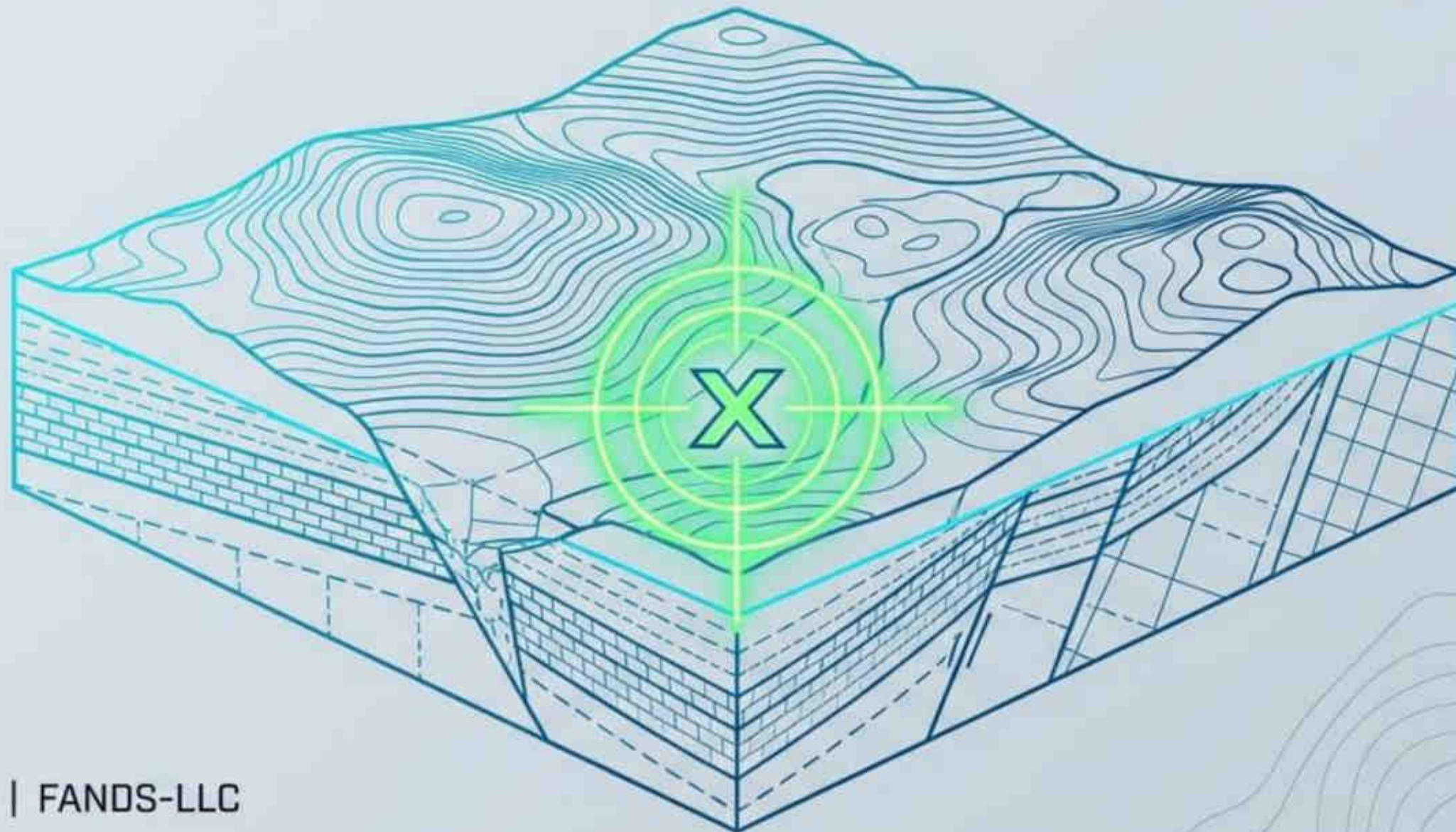
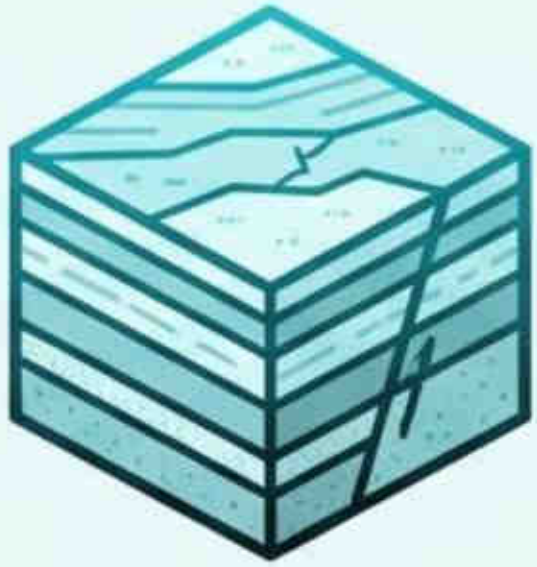


Plan de Exploración Rápida: El Modelo “Macusani-Like” en Bolivia

Identificación, Zonificación y Cribado Estratégico en el Altiplano





El Paradigma (Modelo Macusani)

- Yacimientos híbridos altamente oxidados en tobas riolíticas peraluminosas.
- Dominio absoluto de U(VI) (metaautunita).



La Aplicación (El Altiplano Boliviano)

- Filtro riguroso de las ignimbritas miocenas.
- Descarte: Pastos Grandes (metaaluminosa, sin U).
- Prioridad: Los Frailes / Cotaje (peraluminosa, historial de U confirmado).

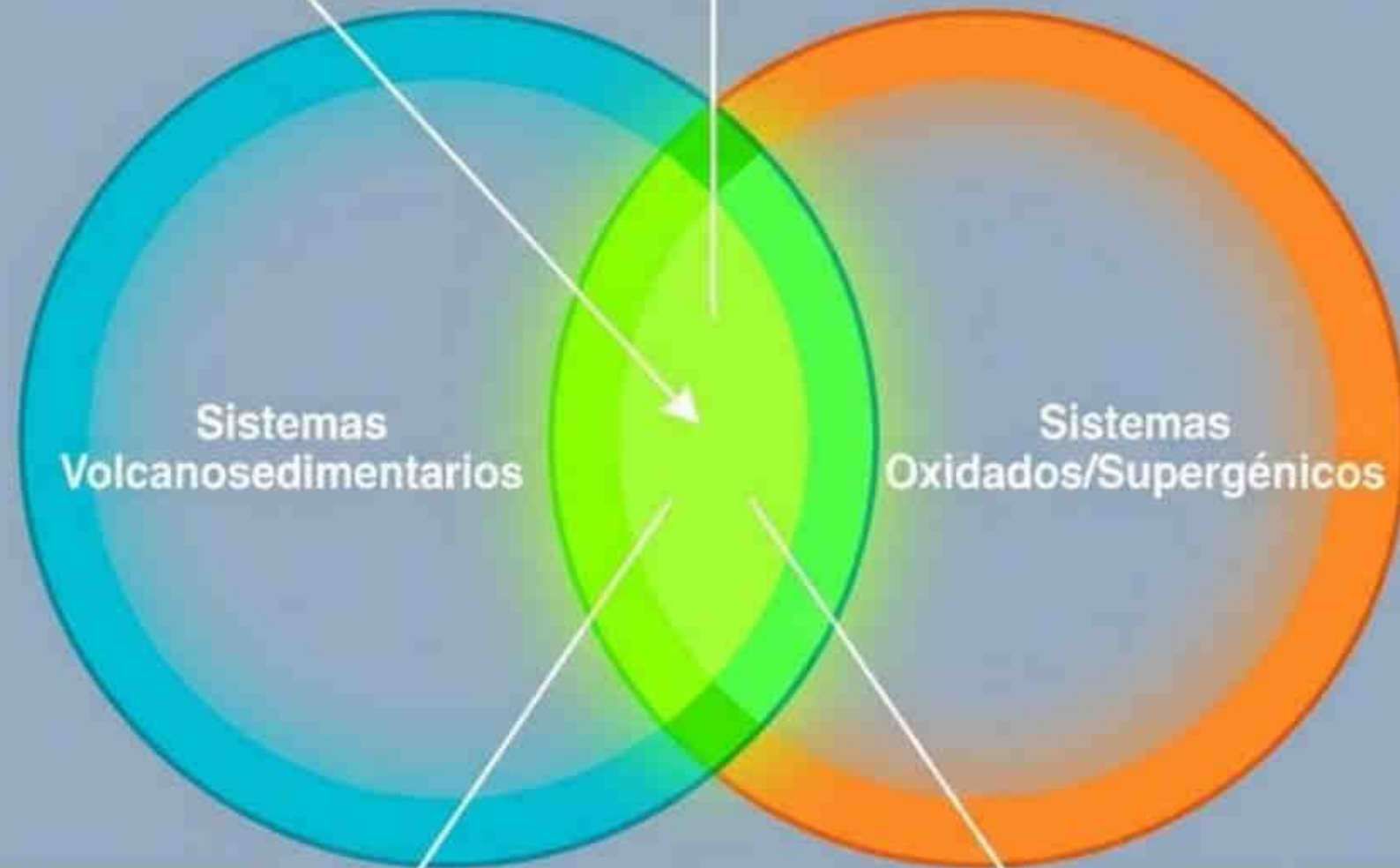


El Plan (Cribado Rápido)

- Reducción sistemática de 10,000 km² a 100 km².
- Uso integrado de radiometría y tecnología RSS-NMR[®] (4 pasadas).

Un Modelo Híbrido A-Típico

La Anomalia Macusani



Roca Huésped

Ignimbritas / tobas riolíticas peraluminosas (ricas en cuarzo, sanidina, vidrio).
Cristales índice: moscovita, andalucita, turmalina.

Alteración

Argílica avanzada (caolinita-cuarzo) estéril, albitización-turmalinización local. Ausencia de halos sulfurosos masivos.

Mineralogía de Uranio

Dominio de fosfatos de uranilo (metaautunita) y cofinita. Pechblenda minoritaria. Refleja un ambiente altamente oxidado (U-VI).

Matriz Diagnóstica: Macusani vs. Modelos Globales

	Macusani	Volcánico Clásico	Discordancia (Athabasca)	Roll-front
Huésped Principal	Tobas riolíticas peraluminosas	Félsicas a intermedias	Areniscas + basamento	Areniscas porosas
Minerales U	Metaautunita, cofinita	Uraninita, pechblenda	Uraninita alta ley	Uraninita, autunita sec.
Alteración Clave	Caolinita-cuarzo, sin sulfuros masivos	Illita, fluorita, pirita	Halos masivos illita-sudoíta-clorita	Frentes redox, materia orgánica

El Rol Único de la Turmalina (Schorl-Dravita)

Vector de Alteración (Trampa)

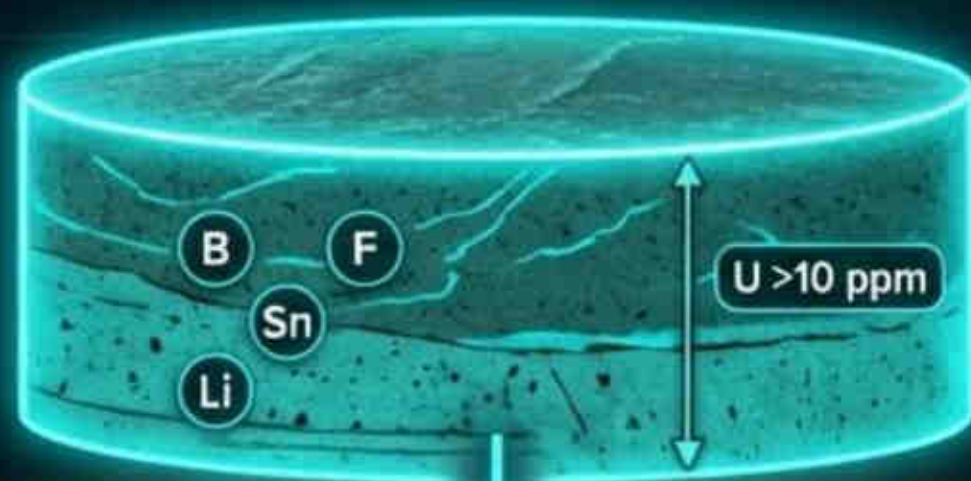
La dravita forma halos masivos directos (illita-sudoíta-dravita) que actúan como vectores físicos hacia la mineralización de uranio.



Marcador Magmático (Fuente)

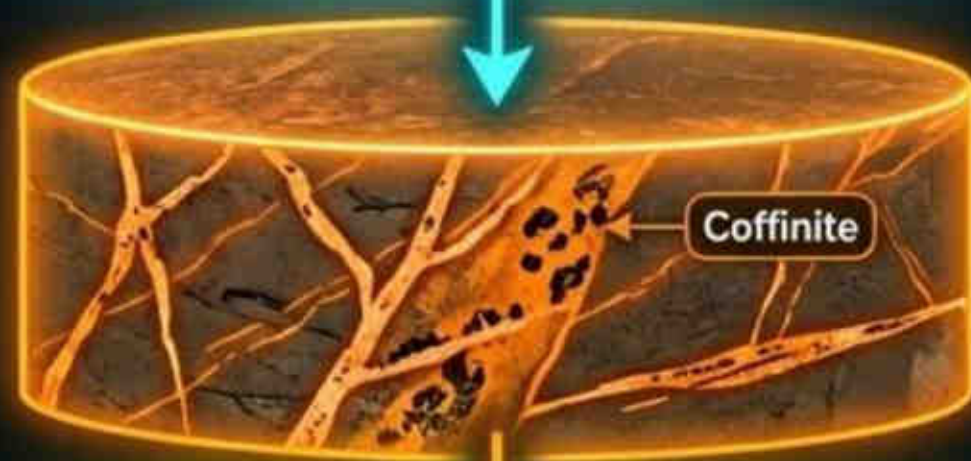
Indica rocas-fuente ricas en Boro y peraluminosas (U-fértiles). La turmalinización acompaña las vetas, pero señala una cámara magmática propicia, no una trampa reductiva masiva.

El Motor de Zonificación: Evolución en 3 Fases



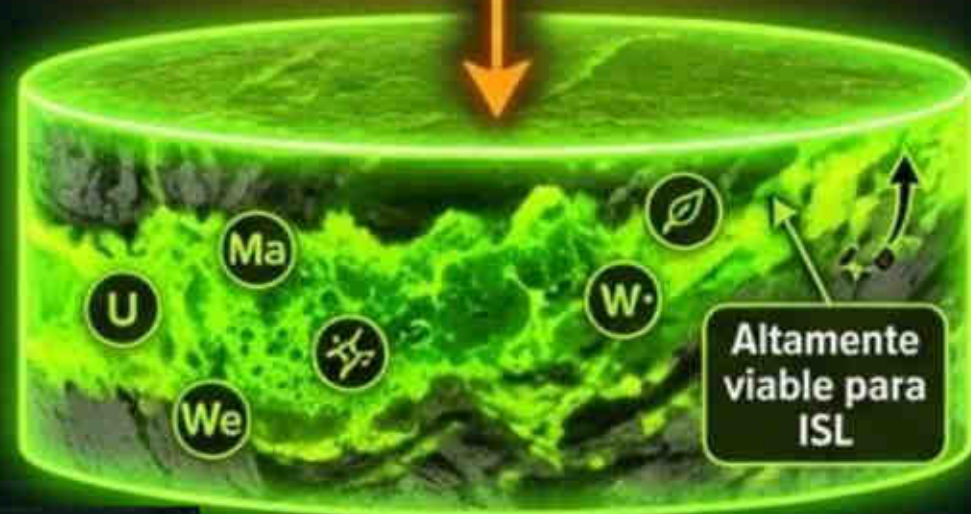
Fase 1: Pre-mineral (Herencia Magmática)

Ignimbritas riolíticas peraluminosas ($A/CNK > 1,1$). Espesores permeables de 15-60m. Anomalías de B, F, Sn, Li. Uranio inicial >10 ppm.



Fase 2: Hidrotermal Syn-ore (150-250°C)

Removilización primaria. Cofinita en vetas de cuarzo-albita-turmalina. Alteración argílica intensa (caolinita-cuarzo). Control por fracturas y mantos subhorizontales.



Fase 3: Supergénico / Oxidación

Enriquecimiento económico ($>10x$ vertical). Zonas de 10-50m de espesor. Dominio de metaautunita y weeksita. Percolación ácida oxidante. Altamente viable para ISL (In-Situ Recovery).

Geometría del Sistema: Indicadores Espaciales

Centro / Proximal (< 5m)

Vetas feeder. Albitización +
turmalinización + cuarzo.
Cofinita y pechblenda menor.
Objetivo radiométrico de
anomalías B-Sn-U.

Anillo Medio / Distal (5-50m)

Mantos disseminados.
Argilización avanzada
(caolinita > illita).
Cofinita disseminada.
Zonas permeables U-fértiles
(U-F-Mo > fondo).

Capa Superior / Supergénico (Superficie a -20m)

Oxihidróxidos (goethita, hematita) y fosfatos secundarios
(metaautunita). Enriquecimiento visible amarillo-verde.

Aplicación Estratégica: Ignimbritas del Altiplano Boliviano



El Contexto

El Altiplano alberga inmensos volúmenes (>1000 km³) de ignimbritas miocenas (10-3 Ma) análogas al marco tectónico de Macusani.



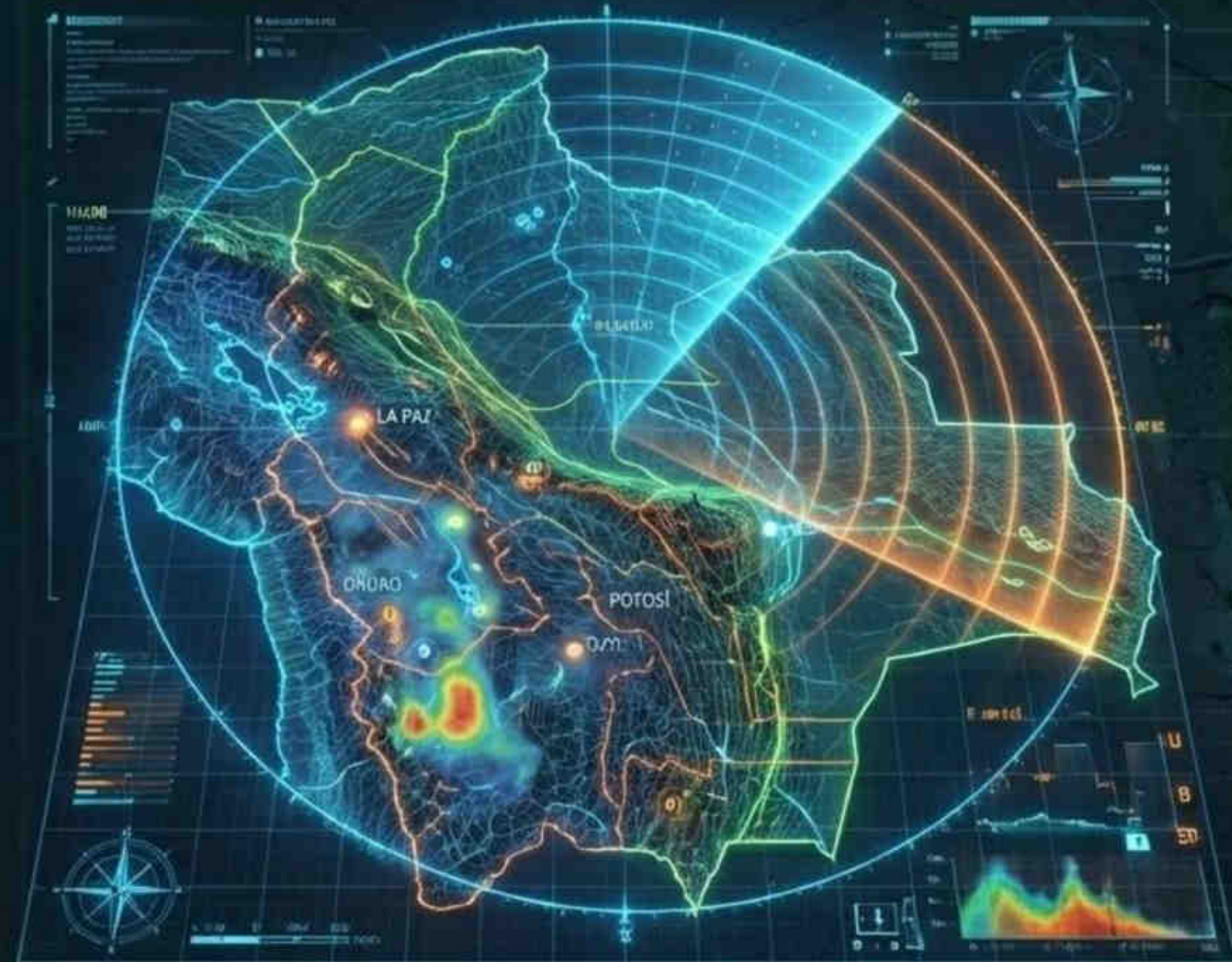
El Desafío

Filtrar rápidamente esta vasta extensión para identificar firmas geoquímicas y mineralógicas 'Macusani-like' ocultas.



La Solución

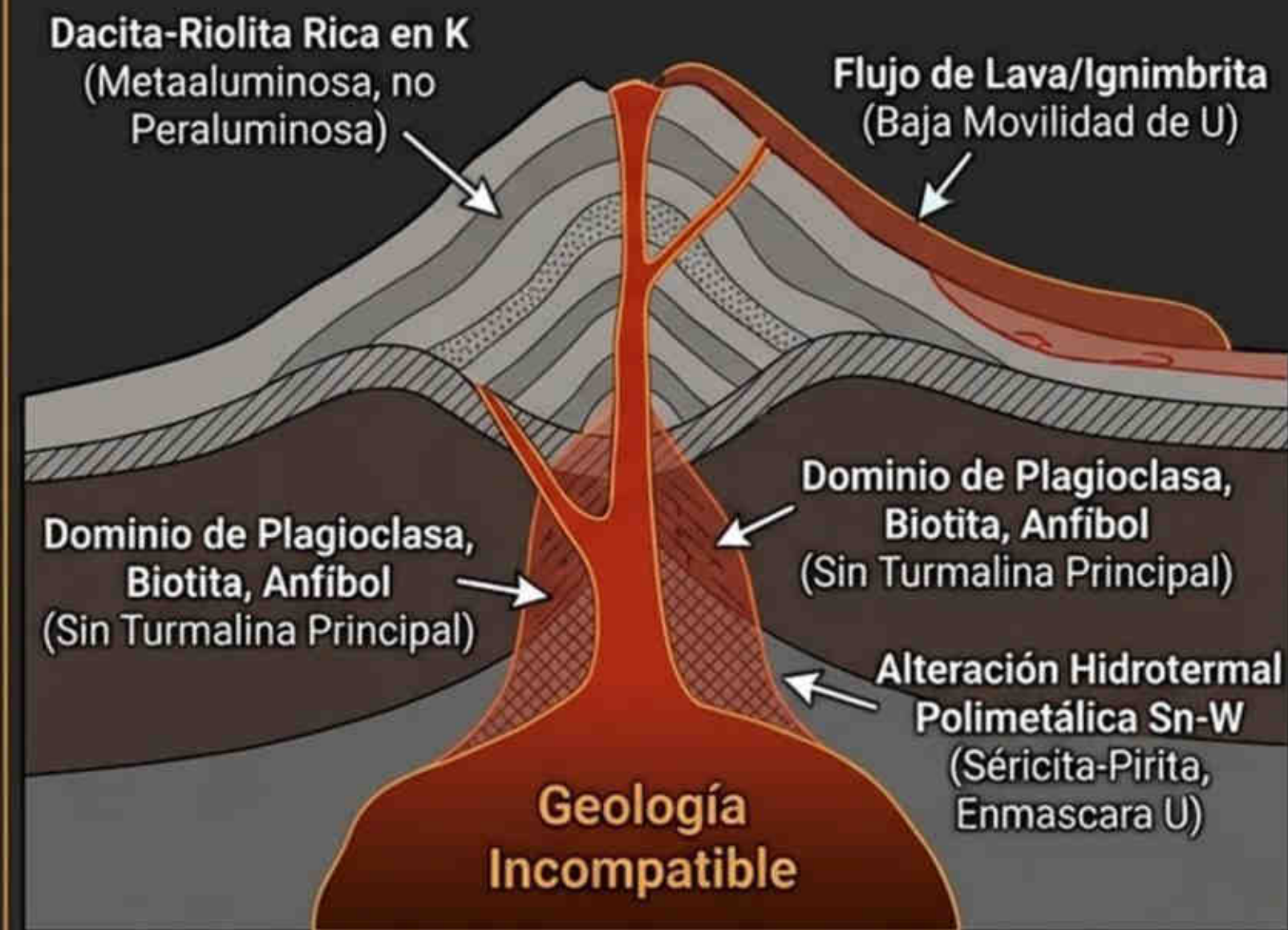
Aplicar la matriz diagnóstica como un filtro de exclusión binario (Go/No-Go).



Falso Positivo: El Caso de Pastos Grandes

Veredicto: Descartar
(Bajo Potencial U)

Geología Incompatible



Por qué falla el filtro Macusani:



Composición Magmática: Dacita-riolita rica en K, metaaluminosa (no peraluminosa). Magma menos móvil para el U.



Mineralogía Magmática: Dominio de plagioclasa, biotita y anfíbol. Ausencia de turmalina como fenocristal principal (indica fluidos muy hidratados, baja relación B/U).



Alteración y Trazas: Alteración hidrotermal polimetálica Sn-W (séricita-pirita) que enmascara el U. Ningún mineral de uranio reportado en la literatura.

Objetivo Principal: Cordillera de Los Frailes (Cotaje)

Veredicto: Prioridad de Exploración Alta

Riodacitas Peraluminosas e Ignimbritas (25-20 Ma)

Vidrio rico en U

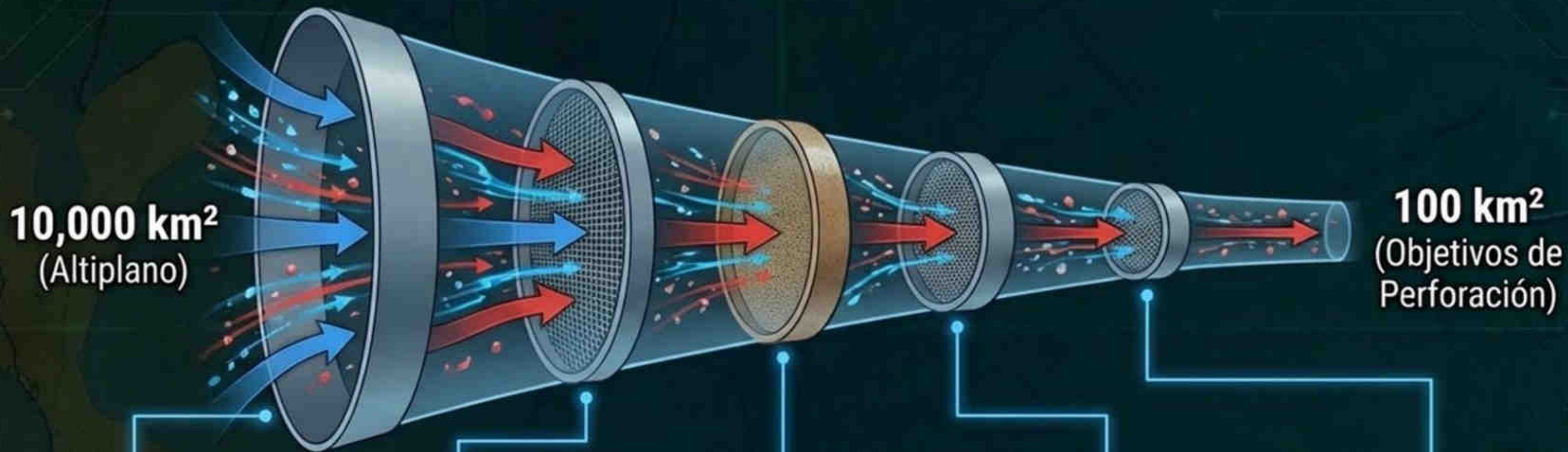
Alteración con Turmalina, Cordierita

Zonas de Enriquecimiento de Uranio

Alineación con el Modelo Macusani:

- ✓ **Composición Magmática:** Riodacitas peraluminosas e ignimbritas (25-20 Ma). Vidrio rico en trazas de U. Alteración con fases aluminosas (turmalina, cordierita).
- ✓ **Prueba Histórica:** Descubrimiento por COBEAN en 1970. Producción experimental de yellowcake en 1974 (2 kg al 60% de pureza).
- ✓ **Interés Estratégico Actual:** Exploración activa e interés internacional reciente (ej. Rosatom - inversión inicial de 450,000 USD). Sinergias potenciales Li-U cerca del Salar de Uyuni.

El Embudo de Cribado: 5 Etapas de Reducción



10,000 km²
(Altiplano)

100 km²
(Objetivos de Perforación)

Paso 1: Filtro Litológico
Mapeo y teledetección.
Ignimbritas riolíticas peraluminosas (10-6 Ma), espesor >50m. Foco en Potosí-Oruro.

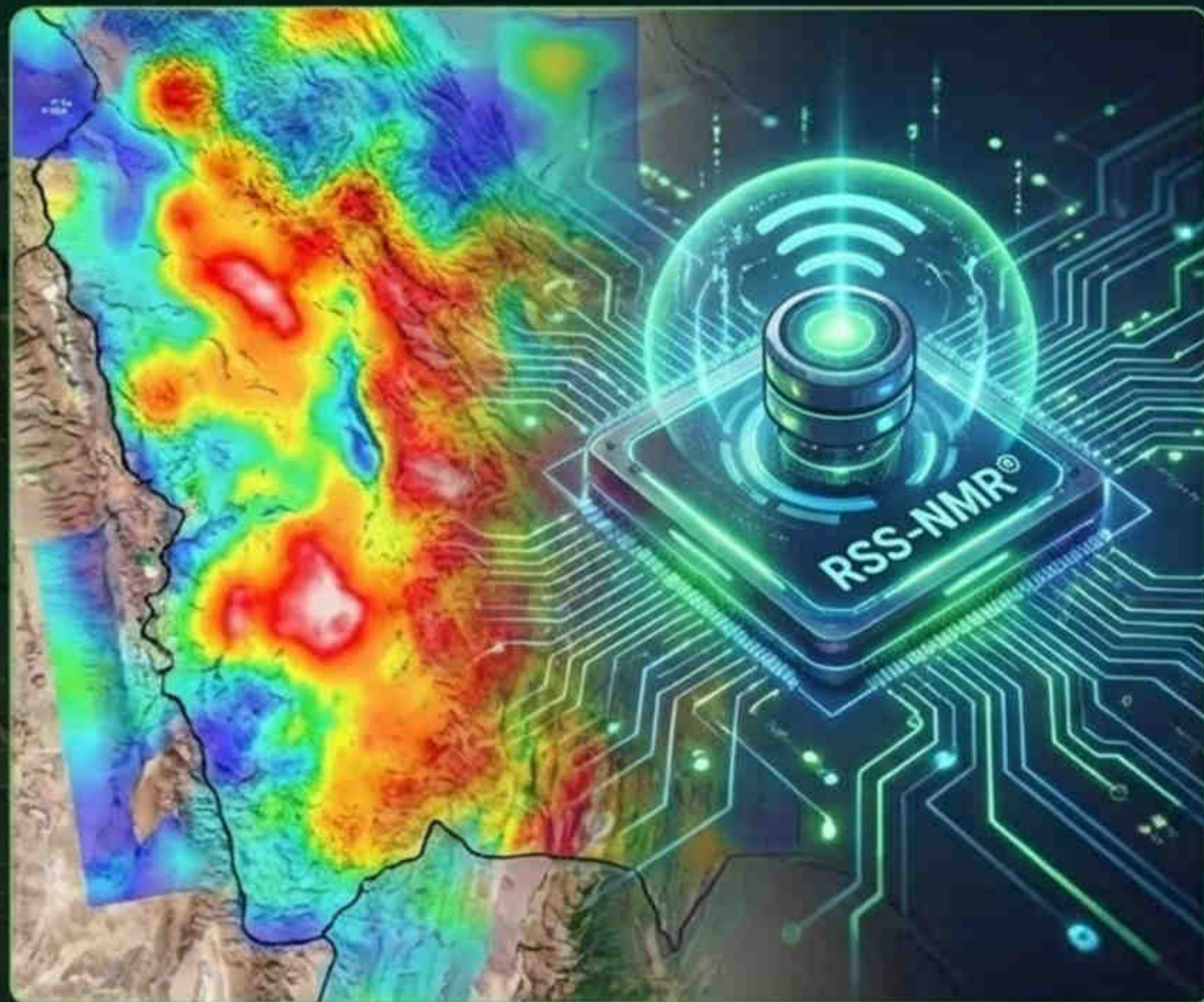
Paso 2: Filtro Geoquímico
U >5-10 ppm, anomalías B (>100 ppm), F, Sn, Li. Análisis LA-ICP-MS en turmalina (trazas U, Sn).

Paso 3: Filtro Geofísico
Radiometría aérea (anomalías U > fondo), baja firma magnética (tobas no magnéticas).

Paso 4: Validación de Terreno
Mapeo de zonificación (caolinita > illita). OEMSCAN/EPMA en núcleos. Datación Ar-Ar.

Paso 5: Criterios de Perforación
Zonificación completa (fases 1-3) + U >200 ppm en vetas detectadas.

Despliegue Táctico y Sinergias de Valor



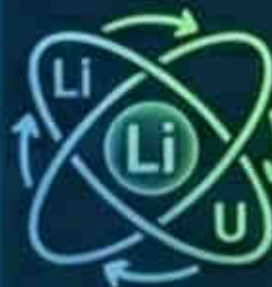
Táctica 1: Reinterpretación de Datos Históricos

Análisis de 'vieja escuela'. Reprocesamiento de la radiometría existente en las ignimbritas de Potosí-Oruro, priorizando las huellas peraluminosas.



Táctica 2: Despliegue RSS-NMR®

Levantamiento de terreno utilizando tecnología RSS-NMR. Ejecución de 4 pasadas específicas calibradas para los 4 marcadores clave del modelo Macusani (U, B, F, alteración argílica).



Táctica 3: Sinergia Estratégica Li-U

Integrar la exploración con el desarrollo del litio. Aprovechar modelos base de lixiviación de litio para explorar la viabilidad de una extracción combinada de litio y uranio cerca de Uyuni.



Autor: Michel Louis Friedman (FANDS-LLC)

Copyright © 2005-2026 Fands-LLC. Inteligencia Económica Proactiva.

RSS-NMR® es una marca registrada a nivel mundial a domicilio de Michel-Louis Friedman-Matarese.

Cláusula de exención de responsabilidad: Las opiniones, análisis y explicaciones expresadas en este documento comprometen únicamente a su autor. Se declina toda responsabilidad por la interpretación de los datos para fines de inversión. Leyes de patentes y marcas (12 Diciembre 1980).

Contacto: Michel.friedman@fands-llc.biz | WhatsApp +591 71696657