

Proyecto apoyado por



Investigación y desarrollo para la recuperación de elementos de valor desde relaves

CONSORCIO JRI Ingeniería – EcoMetales Limited

Programa Tecnológico 16PTECME-66527

AGOSTO DE 2019

www.relavesconvalor.cl

JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

La información contenida en esta presentación se entiende como confidencial y propiedad del Consorcio JRI Ingeniería S.A. y EcoMetales Limited. Se prohíbe su reproducción y divulgación.

JRI
INGENIERIA

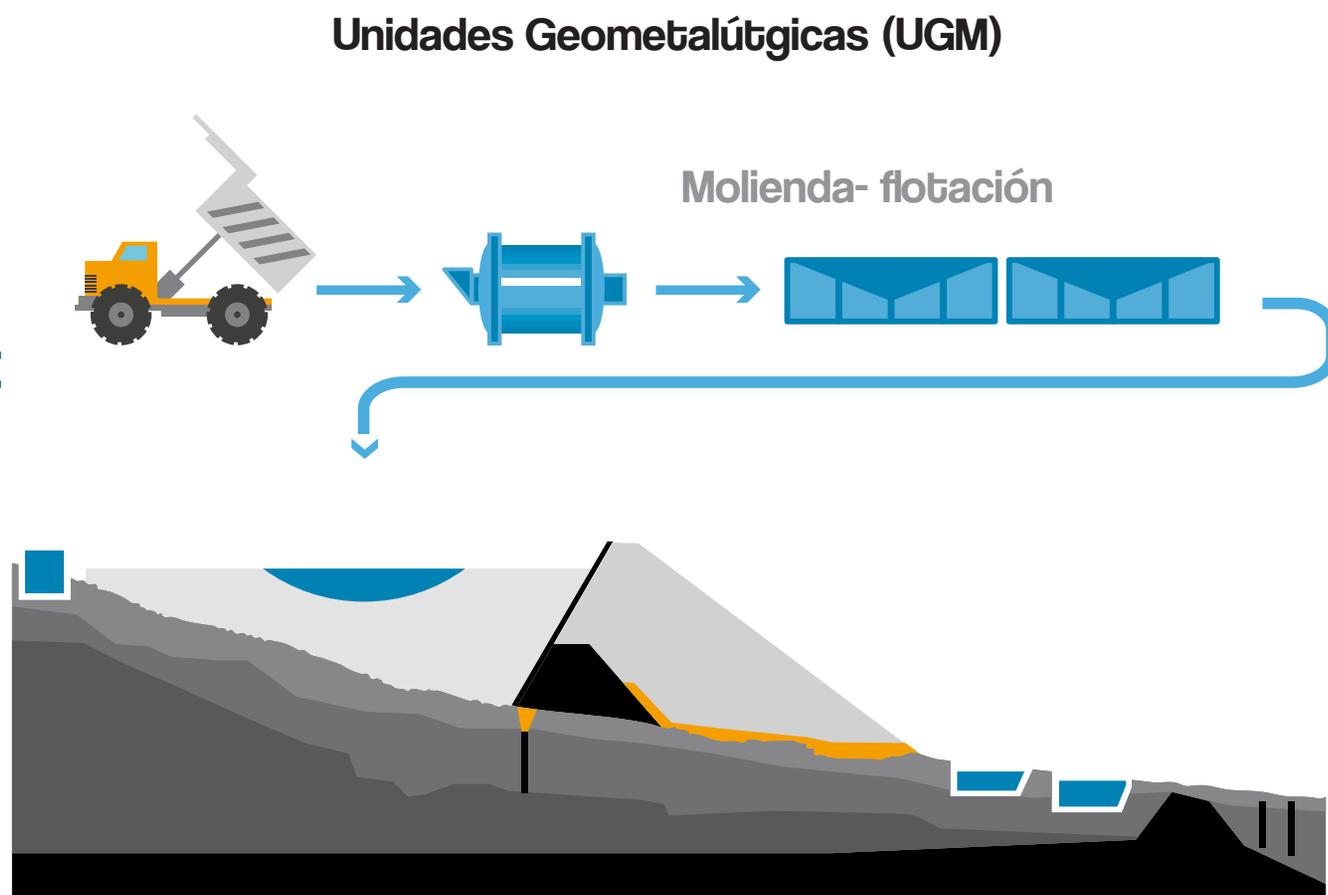

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

De la mina al tranque: los cambios químicos

Procesos que modifican las características químicas de un depósito de relaves:

- Migración de elementos químicos en el cuerpo del relave
- Contaminación de aguas (superficiales e infiltradas)



JRI
INGENIERIA

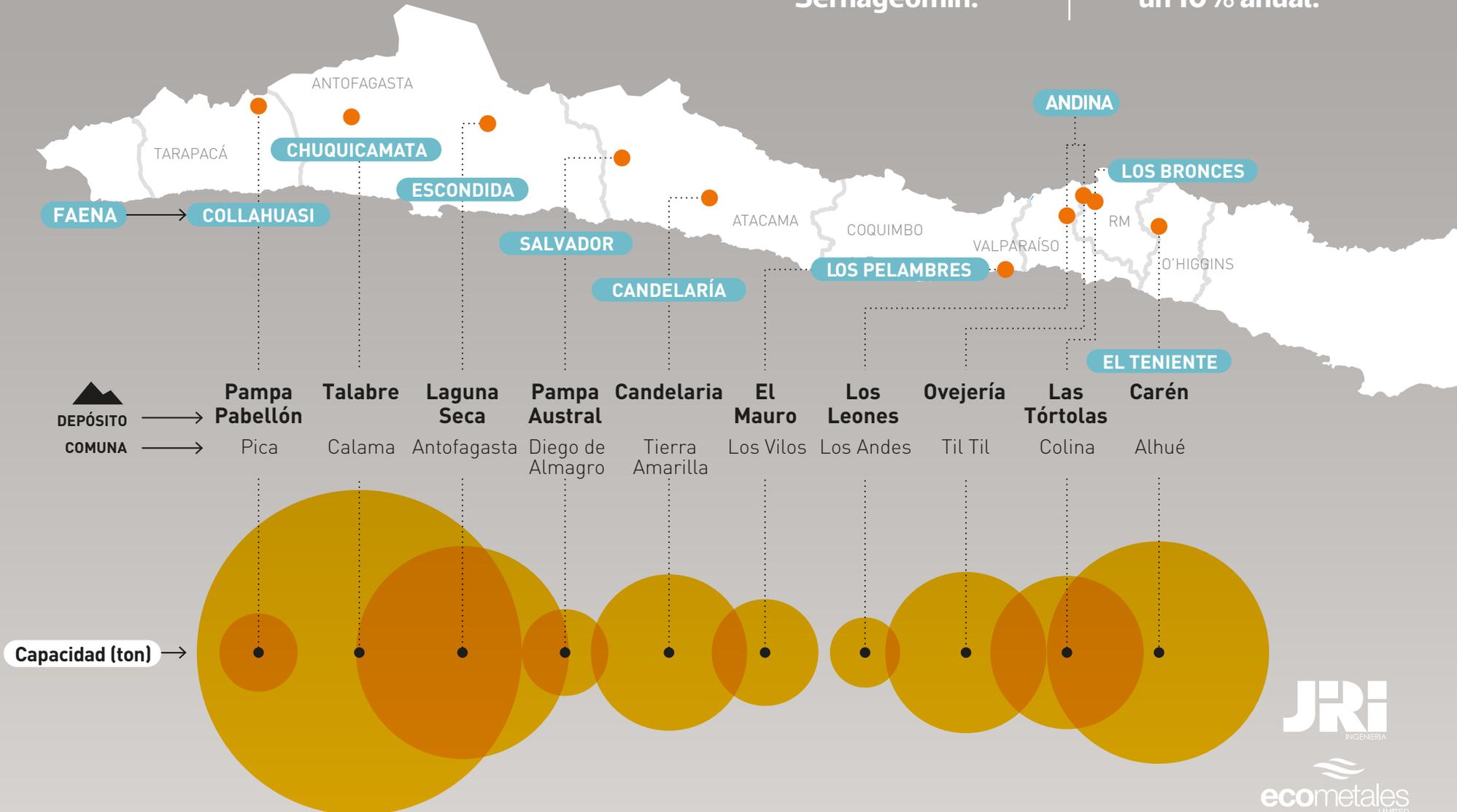
ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

Relaves TOP 10

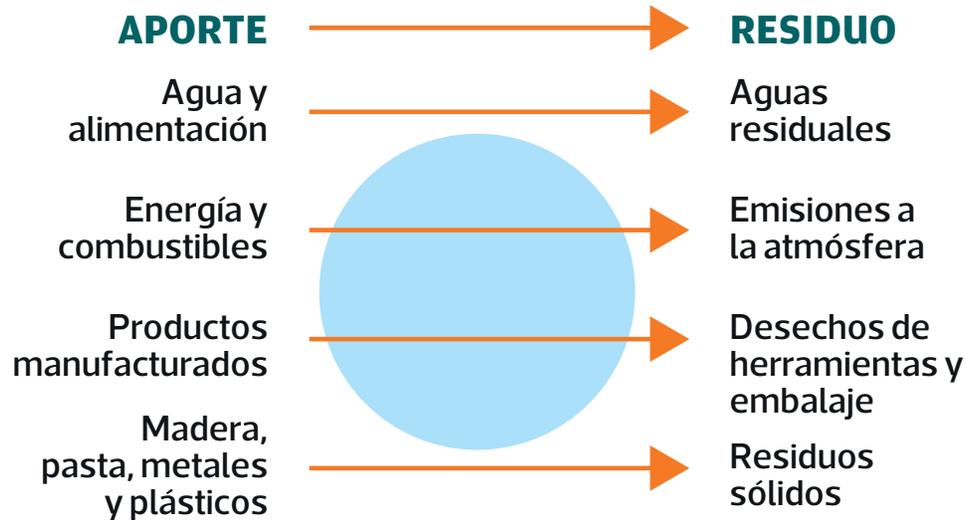
Representan el **90%** del tonelaje total de los 740 tranques catastrados por Sernageomin.

Suman **6.600** millones de toneladas, las que aumentan a razón de un **10%** anual.



Modelos de Economía “Antiguo vs. Moderno”

ECONOMÍA LINEAL



JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED
FILIAL CODELCO

Tratamiento de Residuos Mineros



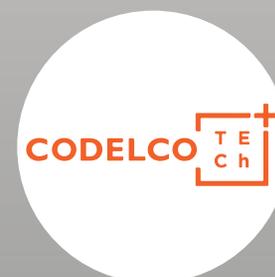
Iniciativas público privadas asociadas a relaves



Programa Tecnológico de Monitoreo en Línea de depósitos de relaves



Programa identificación, cuantificación y extracción (bio) tecnológica de minerales/elementos de valor contenidos en depósitos de relaves



Programa I+D para la recuperación de elementos de valor desde relaves



Objetivos del Programa

Generales

- Identificar y cuantificar la existencia de minerales con valor económico contenidos en los relaves.
- Promover la adopción, adaptación y/o desarrollo de tecnologías que permitan capturar valor y contribuir a transformar los depósitos de relaves **“de un residuo minero a un activo”**.

Específicos:



Generar una metodología para caracterizar los relaves.



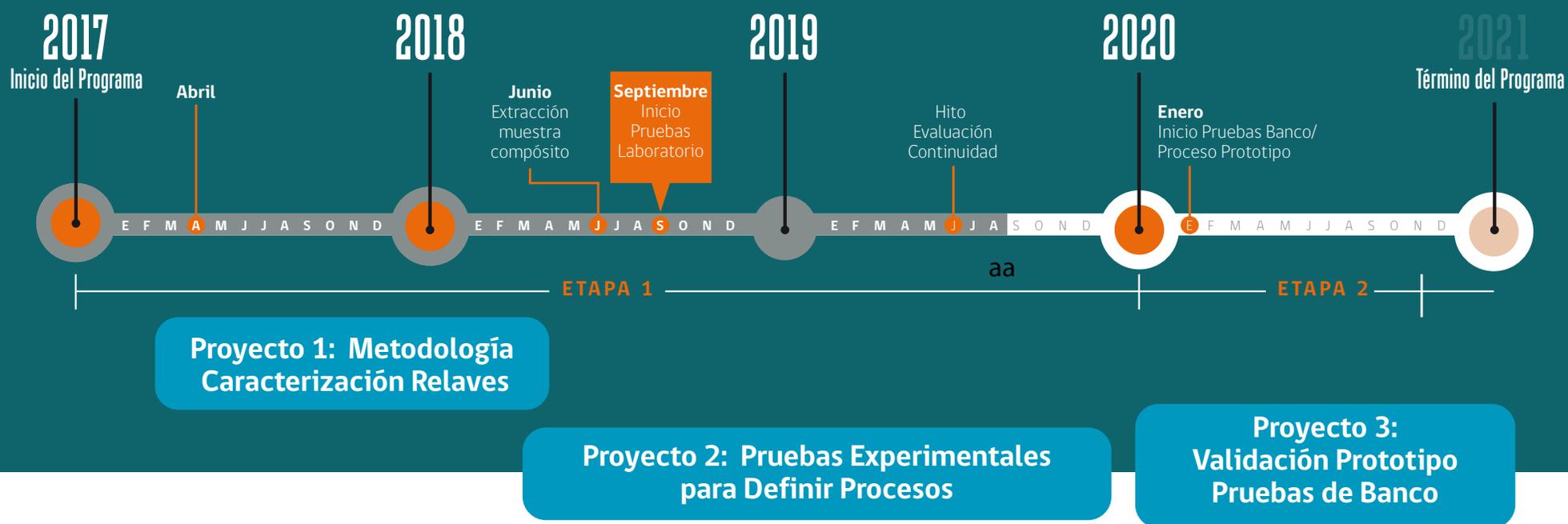
Identificar procesos que permitan recuperar valor.



Escalamiento y bases tecnológicas para la transferencia y comercialización, considerando los aspectos normativos.

CONSORCIO JRI Ingeniería & EcoMetales Limited

Programa I+D para la recuperación de elementos de valor desde relaves



JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

Proyecto 1:



Énfasis:

Conocer cuáles minerales (fáciles de reconocer) están asociados a los principales elementos estratégicos y de valor (rentables de recuperar).

Determinar qué tecnologías presentes en el mercado son las más apropiadas para medir elementos y caracterizar relaves.

Proponer una metodología para buscar elementos de valor y caracterizar representativamente los depósitos de relaves.



Producto final:

Guía de evaluación de tranques, énfasis en elementos estratégicos de valor

JRI
INGENIERIA


ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

Zona de interés para el estudio

TOTAL
TRANQUES
740



FRANJA FERRÍFERA: formación geológica que caracteriza a las regiones de Atacama y Coquimbo por sus altos contenidos de hierro. Se asocia a la presencia de **Tierras Raras (REE)**.

JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

¿EN QUÉ SE UTILIZAN? REE - RARE EARTH ELEMENTS

FÓSFOROS:

Pantallas CRT, LDP,
LCD, Lámparas
Fluorescentes,
Láseres, Fibra
Óptica

ALEACIONES:

Baterías NiMH,
Pilas Combustibles,
Piedras
Encendedores,
Súper Aleaciones
AL-Mg

IMANES:

Motores Híbridos,
Disco Duros,
Turbinas Eólicas,
Micrófonos
Altavoces

TABLA PERIÓDICA
Rare Earth Elements: REE, sigla en inglés.

		■ Platinoides										■ Tierras raras livianas										■ Tierras raras pesadas										■ Otros elementos												
1	1.008																																									2	4.0026	
1	H																																									2	He	
2	3 6.94	4 9.0122																																									10	20.180
2	Li	Be																																									10	Ne
3	11 22.990	12 24.305																																									18	39.948
3	Na	Mg																																									18	Ar
4	19 39.098	20 40.078	21 44.956	22 47.867	23 50.942	24 51.996	25 54.938	26 55.845	27 58.933	28 58.693	29 63.546	30 65.38	31 69.723	32 72.64	33 74.922	34 78.971	35 79.904	36 83.798																										
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																										
5	37 85.468	38 87.62	39 88.906	40 91.224	41 92.906	42 95.95	43 (98)	44 101.07	45 102.91	46 106.42	47 107.87	48 112.41	49 114.82	50 118.71	51 121.76	52 127.60	53 126.90	54 131.29																										
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																										
6	55 132.91	56 137.33	57-71	72 178.49	73 180.95	74 183.84	75 186.21	76 190.23	77 192.22	78 195.08	79 196.97	80 200.59	81 204.38	82 207.2	83 208.98	84 (209)	85 (210)	86 (222)																										
6	Cs	Ba	La-Lu Lantánidos	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																										
7	87 (223)	88 (226)	89-103	104 (267)	105 (268)	106 (271)	107 (272)	108 (277)	109 (276)	110 (281)	111 (280)	112 (285)	113 (285)	114 (287)	115 (289)	116 (291)	117 (294)	118 (294)																										
7	Fr	Ra	Ac-Lr Actínidos	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																										
LANTÁNIDOS																			Copyright © 2017 Eni Generali																									
57 138.91	58 140.12	59 140.91	60 144.24	61 (145)	62 150.36	63 151.96	64 157.25	65 158.93	66 162.50	67 164.93	68 167.26	69 168.93	70 173.05	71 174.97																														
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																														
LANTANO	CERIO	PRASEODIMIO	NEODIMIO	PROMETIO	SAMARIO	EUROPIO	GADOLINIO	TERBIO	DISPROSIO	HOLMIO	ERBIO	TULIO	ITERBIO	LUTECIO																														
ACTÍNIDOS																																												
89 (227)	90 232.04	91 231.04	92 238.03	93 (237)	94 (244)	95 (243)	96 (247)	97 (247)	98 (251)	99 (252)	100 (257)	101 (258)	102 (259)	103 (262)																														
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																														
ACTINIO	TORIO	PROTACTINIO	URANIO	NEPTUNIO	PLUTONIO	AMERICIO	CURIO	BERKELIO	CALIFORNIO	EINSTEINIO	FERMIO	MENDELEVIO	NOBELIO	LAWRENCIO																														

CERÁMICAS:

Condensadores,
Sensores, Colorantes,
Láseres, Refractarios.

CATALIZADORES:

Refino de Petróleo,
Convertidores
Catalíticos, Aditivos
del Diésel, Análisis
Químicos

VIDRIO/ÓPTICA:

Pulidores, Cristales
con protección UV,
Imágenes R

OTROS:

Nuclear
Defensa

JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED
FILIAL CODELCO

MANUAL DE USO PÚBLICO

Técnicas de perforación,
muestreo y caracterización
para la recuperación de
elementos de valor desde relaves

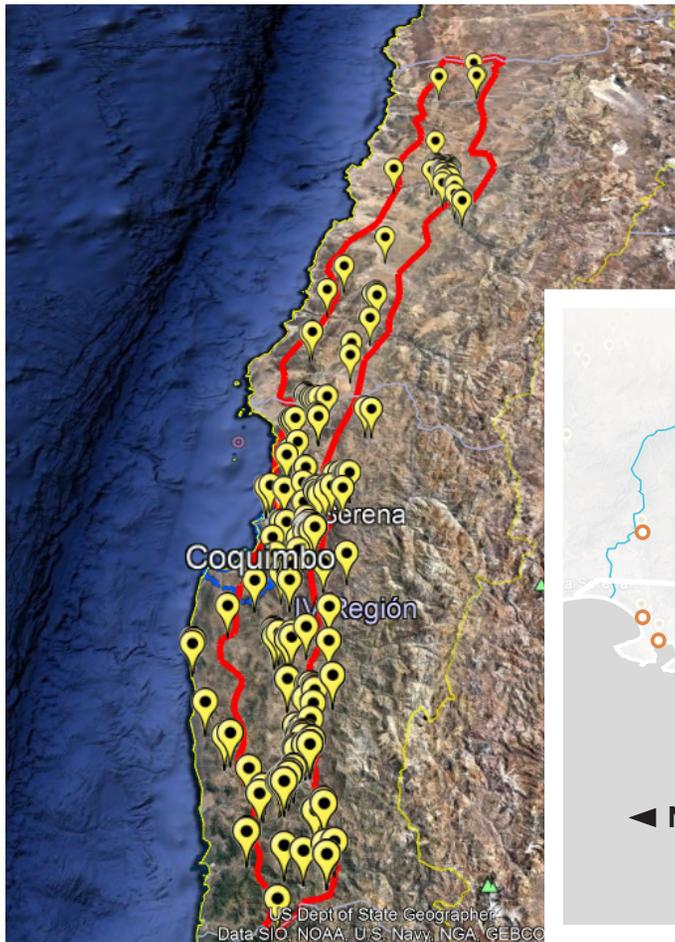


JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

Caso de análisis: Relave en comuna de Coquimbo



Técnicas de perforación

Técnicas de muestreo

Técnicas de análisis

Correlaciones

Técnica de muestreo puntual y semi superficial: **barreno**



ACTIVIDADES:

- Perforar **50 cm** (sin tomar muestra).
- Toma de primera muestra.
- Continuar con la perforación y tomar muestras cada 50 o 100 cm hasta alcanzar el fondo del relave o los 400 cm.



Todas las muestras fueron guardadas en bolsas individuales y rotuladas (depósito, pozo y profundidad)

JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

Técnicas de perforación

Técnicas de muestreo

Técnicas de análisis

Correlaciones

Técnica de muestreo masivo

Con los resultados de los análisis (FRX e ICP) y mineralógicos (QEMSCAN), de muestreo con barreno, se determinó sacar una muestra masiva (~9 ton).

Hipótesis del muestreo con barreno: Tierras Raras livianas, asociados a los fosfatos (apatitos) y probablemente a óxidos de Fe y/o ferromagnesianos.



Muro de empréstito

JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

Técnicas de perforación

Técnicas de muestreo

Técnicas de análisis

Correlaciones

Técnica de análisis: Procesamiento de la Información Química y Mineralógica

Minerales de Mena:

Cu – Au – Ag – Fe – Pb – Zn – As
Análisis Químicos: AA – FRX

Técnicas Utilizadas:

- ICP-MS.
- Análisis Químico AA.
- Análisis Químico FRX.
- SEM – EDS.
- DRX (estructura).



Óxidos Mayores:

- SiO₂
- S_{total}
- Al₂O₃
- TiO₂
- Fe₂O₃
- CaO
- MgO
- MnO
- Na₂O
- K₂O
- P₂O₅
FRX – Análisis Químico

Minerales:

- Silicatos
- Óxidos
- Carbonatos
- Fosfatos
- Aluminosilicatos
- Ferromagnesianos
- Alcalinos
- Ácidos
- Básicos
Microscopio – DRX

Elementos de Valor o Estratégicos:

RREE – Co – Sb – U – Th – Re – W – etc.
ICP MS – Microscopio Electrónico Barrido con EDS

JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

Técnicas de perforación

Técnicas de muestreo

Técnicas de análisis



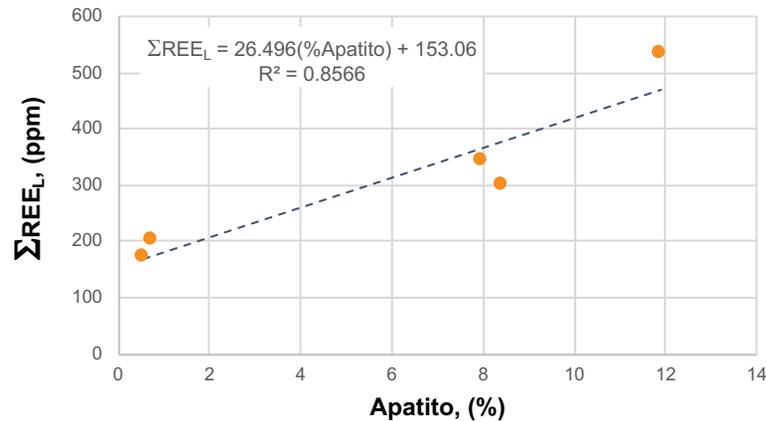
Correlaciones

Correlaciones de óxidos mayores y elementos de valor

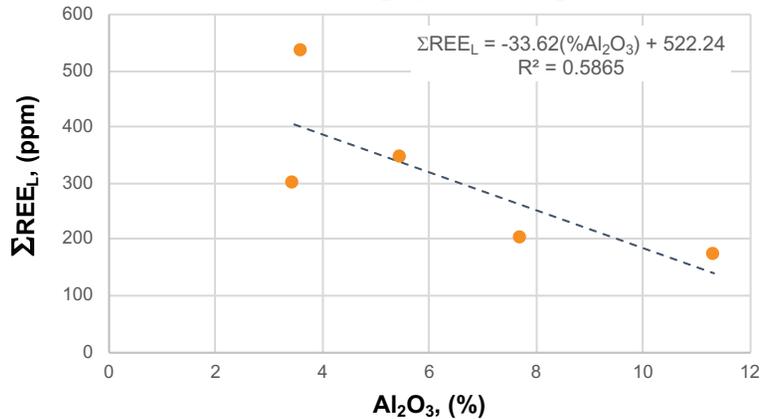
Este análisis permite escoger los procesos metalúrgicos específicos de concentración y refinación, para la obtención de un(os) producto(s) y subproducto(s).



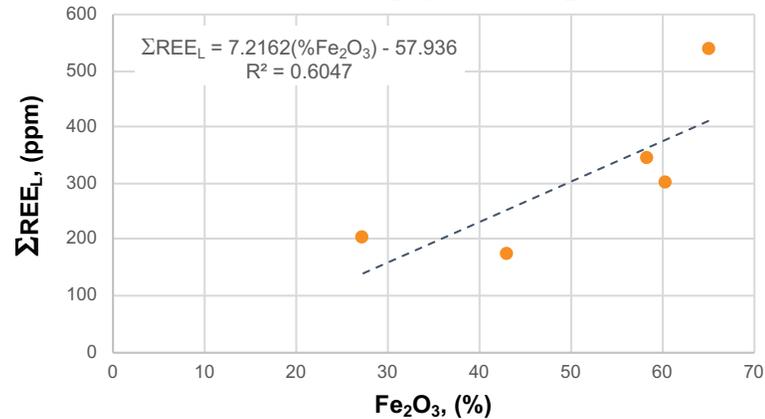
Correlación Apatito vs ΣREE_L



Correlación Al_2O_3 vs ΣREE_L



Correlación Fe_2O_3 vs ΣREE_L



El Fe y Al están expresados como Al_2O_3 y Fe_2O_3

JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED
FILIAL CODELCO

Proyecto 2: Identificar procesos que permitan recuperar valor



Énfasis:

Definir y validar un esquema tecnológico para la recuperación de elementos de valor desde relaves.

Que dicho esquema defina un producto comercial, que sea viable técnica y económicamente y considere la disposición final de los residuos generados.

Hacer recomendaciones técnicas para un marco regulatorio ad hoc.



Producto final:

Definir un proceso tecnológico.

JRI
INGENIERIA

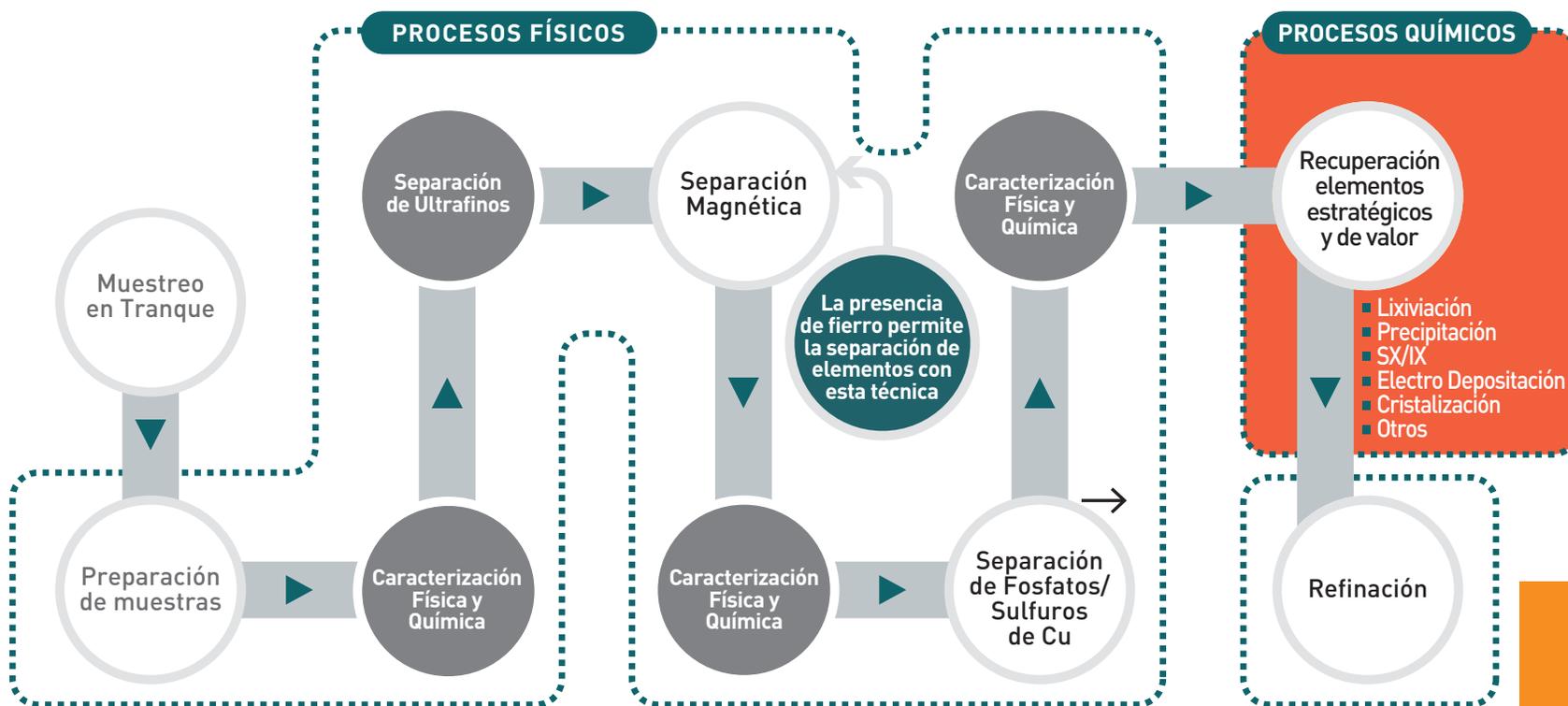

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

RESULTADO DEL MANUAL DE CARACTERIZACIÓN:

Disponibilidad de información básica para la definición de una secuencia lógica de procesos de recuperación de valor

Procesos físicos y químicos

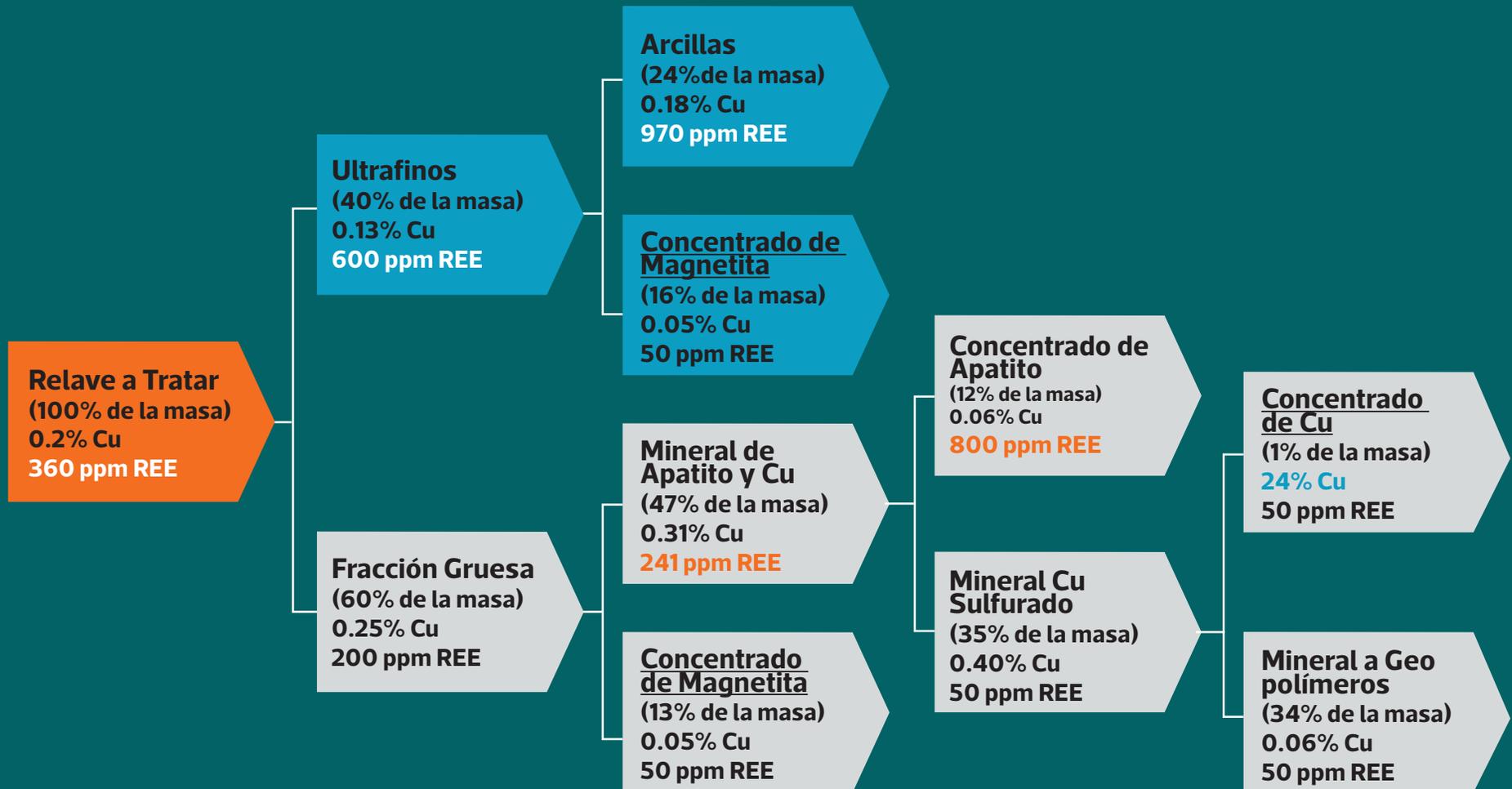


JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

Concentración de valor con procesos físicos convencionales



Proyecto 3: Generar un prototipo de proceso para recuperar valor



Desafío:

Generar un prototipo de recuperación de valores de interés.



Qué buscamos:

Comprobar la validez del uso de metodologías de extracción, recuperación y refinación de elementos de valor desde relaves.

Realizar un prototipo de proceso integral para la recuperación y refinación de los elementos de valor.



Producto final:

Propuesta de proceso a partir de validación de prototipo.

JRI
INGENIERIA

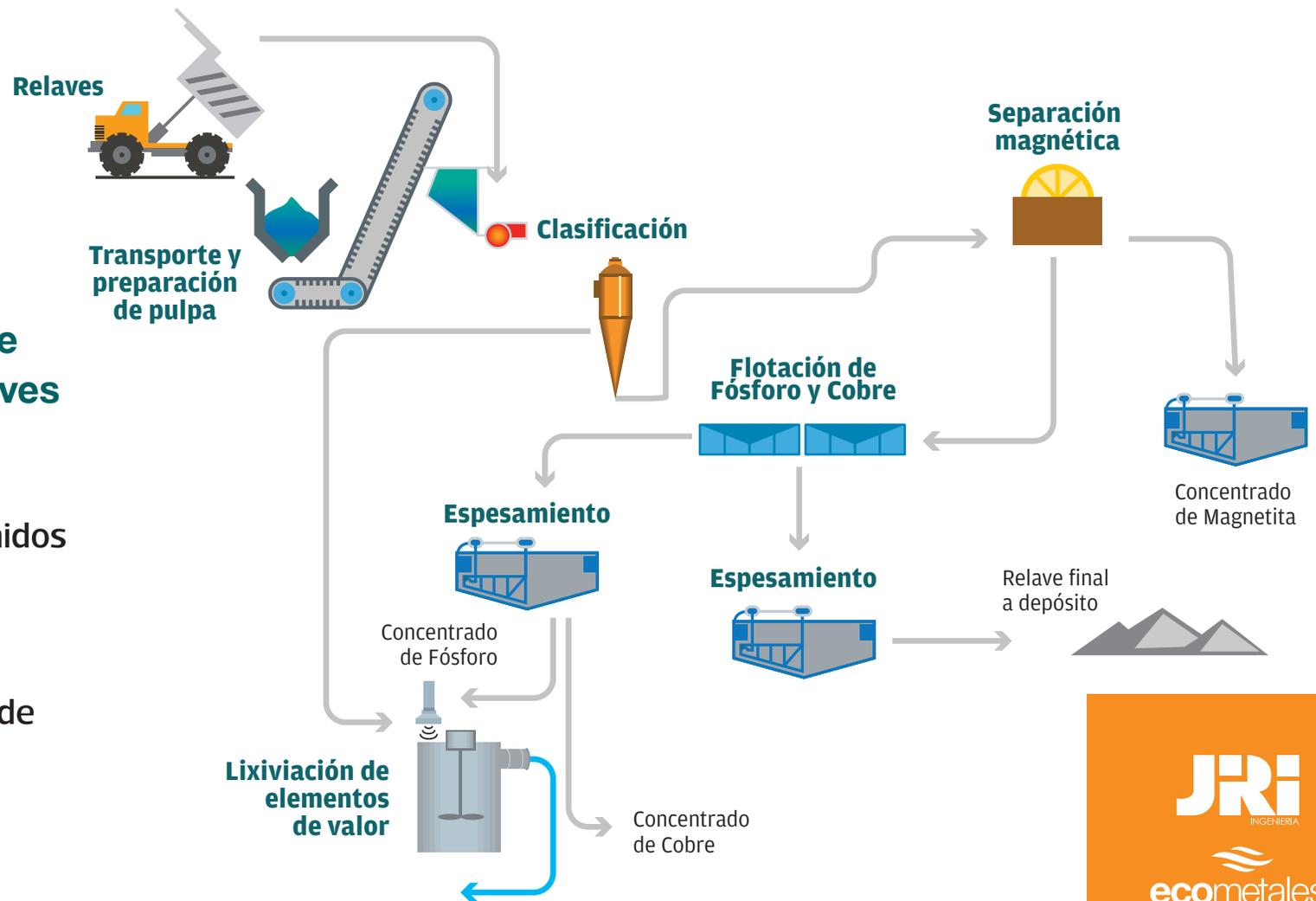

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

Proyecto 3 ▪ Etapa 2: Diagrama de flujos de separación Magnética y Flotación

Validación de prototipo para la recuperación de elementos de valor desde relaves

Los mejores parámetros preliminares obtenidos en las pruebas de laboratorio serán validados a mayor escala en pruebas de banco.



JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO

Aportes del Programa

- Ampliar el conocimiento minero a otros elementos que tienen valor **distintos al cobre.**

- Generar conocimiento, metodologías y validar tecnologías que permitan reconocer y recuperar elementos de valor que **en Chile, habitualmente, no se aprovechan.**

- Contribuir a resolver un problema ambiental y social, con propuestas cuyo modelo de negocios sea sustentable e innovador, que permitan definir los productos y detectar tempranamente posibles clientes (“elementos estratégicos”).

- Analizar el marco legal que permita viabilizar el reprocesamiento y disposición de tranques de relaves.

JRI
INGENIERIA

ecometales
LIMITED

FILIAL CODELCO



**CONSORCIO
JRI Ingeniería &
EcoMetales Limited**

**www.relavesconvalor.cl
www.ecometales.cl
www.jri.cl**