



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS APLICADAS
A LA INDUSTRIA**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO FINAL

EXTRACCIÓN DE LITIO

MEDIANTE NANOFILTRACIÓN

DIAZ, Maria Giuliana
MONTECINO, Micaela
RAMOS, Claudio Ariel

2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

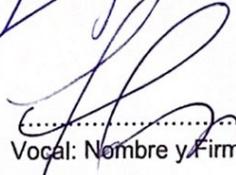
"Análisis de Viabilidad de Extracción de Litio de forma no convencional mediante
Nanofiltración"

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

Autores: Diaz, María Giuliana - Montecino, Micaela - Ramos, Claudio Ariel
Docente Director: Ing. Guajardo Adriana Beatriz
Docente Codirector: Ing. Najar Laura
Integrantes Mesa Evaluadora:


.....Ricardo Maggioli
Presidente: Nombre y Firma


.....Adriana Guajardo
Vocal: Nombre y Firma


.....Laura Najar
Vocal: Nombre y Firma

25/10/2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



AGRADECIMIENTOS

Mostramos nuestra gratitud a profesores, personal de apoyo académico, quienes han compartido su valioso tiempo con nosotros orientándonos, acompañándonos y brindando sus conocimientos para que pudiésemos concluir la realización de nuestra carrera.

Mencionamos especialmente a nuestra directora Ing. Adriana Beatriz Guajardo, a nuestra codirectora Ing. Laura Najjar y al profesor Ing. Carlos Llorente quienes siempre nos mostraron predisposición para colaborar en cada interrogante que surgió en la ejecución del presente proyecto.

Agradecemos a nuestras familias por ser eslabones fundamentales en nuestras vidas para cumplir con nuestro gran objetivo. También, damos las gracias a nuestros compañeros y amigos por haber sido parte de nuestra trayectoria universitaria y brindarnos siempre su ayuda.



Contenido

1. INTRODUCCIÓN	24
2. ESTUDIO DE MERCADO	26
2.1 DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO	26
2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL LITIO Y SUS PROPIEDADES	26
2.1.2 USOS Y APLICACIONES	27
2.1.2.1 Relación de la aplicación de la extracción directa del Litio con los Objetivos de Desarrollo Sostenible	29
2.1.3 PROCESO DE OBTENCIÓN DEL LITIO	32
2.1.3.1 PROCESO DE EXTRACCIÓN - NANOFILTRACIÓN	33
2.2 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE MERCADO	35
2.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO	35
2.4 MERCADO CONSUMIDOR	35
2.4.1 CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO	35
2.4.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA	37
2.4.2.1 DEMANDA GLOBAL	37
2.4.2.1.1 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA GLOBAL	38
2.4.2.2 DEMANDA REGIONAL	39
2.4.2.2.1 PROYECCIÓN HACIA EL 2030	41
2.4.2.3 DEMANDA NACIONAL	42
2.5 MERCADO PROVEEDOR	43
2.5.1 RECURSOS ARGENTINOS	44
2.6 MERCADO COMPETIDOR	46
2.6.1 ESTIMACIONES FUTURAS	47
2.7 MERCADO DISTRIBUIDOR	48
2.7.1 ALMACENAMIENTO DE LITIO	48
2.7.1.1 Contenedores Herméticos	48
2.7.1.2 BigBags	49
2.7.2 TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE CARBONATO DE LITIO	49
2.7.2.1 Transporte por carretera	50
2.7.2.2 Transporte por ferrocarril	50
2.7.2.3 Transporte marítimo	51
3. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA	52
3.1 PROCESO DE EXTRACCIÓN DIRECTA	52



3.1.1 COMPONENTES GENERALES DEL PROCESO	52
3.1.2 TIPOS DE TECNOLOGÍAS PARA LA EXTRACCIÓN DIRECTA	54
4. TAMAÑO	60
4.1 INTRODUCCIÓN.....	60
4.2 FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DEL PROYECTO	60
4.2.1 RELACIÓN TAMAÑO - FINANCIAMIENTO	60
4.2.2 RELACIÓN TAMAÑO - PUNTO DE EQUILIBRIO	61
4.2.3 RELACIÓN TAMAÑO - CAPACIDAD DE INVERSIÓN.....	61
4.2.4 RELACIÓN TAMAÑO - MERCADO	61
4.2.5 RELACIÓN TAMAÑO - MERCADO PROVEEDOR.....	62
4.2.6 RELACIÓN TAMAÑO - RECURSOS HUMANOS	62
4.2.7 RELACIÓN TAMAÑO - TECNOLOGÍA	62
4.2.8 RELACIÓN TAMAÑO - MEDIOAMBIENTE.....	63
4.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	63
4.4 PROGRAMA DE PRODUCCIÓN.....	64
4.5 CONCLUSIÓN.....	66
5. LOCALIZACIÓN.....	67
5.1 INTRODUCCIÓN.....	67
5.2. HERRAMIENTAS DE SELECCIÓN.....	67
5.3 MACROLOCALIZACIÓN	68
5.3.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MACROLOCALIZACIÓN	69
5.3.2 ANÁLISIS DE LOS FACTORES A PONDERAR	70
5.3.2.1 Medios y costos de transporte.....	70
5.3.2.2 Disponibilidad de mano de obra	72
5.3.2.3 Disponibilidad y costo de materia prima	72
5.3.2.4 CERCANÍA AL MERCADO PROVEEDOR.....	74
5.3.2.5 CERCANÍA AL MERCADO CONSUMIDOR.....	74
5.3.2.6 DISPONIBILIDAD DE TERRENOS	74
5.3.2.7 DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS	75
5.3.3 MATRIZ DE PONDERACIÓN	75
5.3.3.1 FACTORES A PONDERAR	76
5.3.4 CONCLUSIÓN	78
5.4 MICROLOCALIZACIÓN	78
5.4.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MICROLOCALIZACIÓN.....	78



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



5.4.1.1. Proximidad de materia prima y disponibilidad de recursos	79
5.4.1.2. Disponibilidad de servicios	80
5.4.1.3. Disponibilidad de accesos de transporte	80
5.4.1.4. Costo y disponibilidad de terrenos.....	81
5.4.1.5. Costo de transporte.....	81
5.4.1.6. Descripción de las posibles microlocalizaciones	81
5.4.1.6.1. Salar de Olaroz	81
5.4.1.6.2. Salar de Cauchari	83
5.4.2 MATRIZ DE PONDERACIÓN	85
5.4.3 CONCLUSIÓN	86
6. INGENIERÍA DE DETALLE.....	87
6.1 Introducción.....	87
6.2 ALCANCE DEL PROYECTO.....	87
6.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	88
6.4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS	94
6.4.1 Bomba de extracción de agua del salar	94
6.4.2 Adsorbedor de lecho adsorbente	96
6.4.3 Membranas equipo nanofiltración	99
6.4.4 Equipo de Ósmosis Inversa	101
6.4.5 Evaporador	104
6.4.6 Reactor de mezcla	110
6.4.7 Filtro de bandas y secador	112
6.4.8 Hidrociclón	114
6.4.9 Molino micronizador	114
6.5 BALANCES GLOBALES DEL PROCESO	115
6.5.1 BALANCE DE MASA	115
6.6 DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA	115
6.6.1 INTRODUCCIÓN	115
6.6.2 ALMACENAMIENTO	116
6.6.2.1 ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS	116
6.6.2.2 ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO.....	116
6.6.3 ÁREA DE PRODUCCIÓN	117
6.6.4 LABORATORIO	118
6.6.4.1 Consideraciones generales	118



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



6.6.4.2 Dimensiones	118
6.6.5 EDIFICIOS AUXILIARES	118
6.6.5.1 Estacionamiento.....	119
6.6.5.2 Comedor	119
6.6.5.3 Sanitarios y vestidores	119
6.6.6 OFICINAS ADMINISTRATIVAS	119
6.6.7 DISTRIBUCIÓN GENERAL	120
7. ASPECTOS ORGANIZACIONALES	121
7.1 INTRODUCCIÓN.....	121
7.2 PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN.....	121
7.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ORGANIZACIÓN.....	122
7.3.1 RAZÓN SOCIAL Y FUNCIONES DE LA EMPRESA	122
7.3.2 CONSTITUCIÓN LEGAL	122
7.3.3 ORGANIGRAMA, DATOS SOCIALES, TRIBUTARIOS Y COMERCIALES	122
7.4 ORGANIGRAMA	122
7.4.1 FICHAS DE FUNCIÓN.....	123
7.4.1.1 Gerencias.....	124
7.4.1.1.1 Gerencia general.....	124
7.4.1.1.2 Gerencia de operaciones	124
7.4.1.1.3. Gerencia de Economía y Finanzas.....	125
7.4.1.1.4. Gerencia Comercial.....	125
7.4.1.1.5. Gerencia de Control de calidad	126
7.4.1.2. Departamento logística y almacenamiento.....	126
7.4.1.2.1. Auxiliar de Almacenamiento	127
7.4.1.2.2. Auxiliar de Logística	127
7.4.1.2.3. Departamento de Producción.....	128
7.4.1.2.4. Operarios	128
7.4.1.2.5. Departamento de Mantenimiento	129
7.4.1.2.6. Auxiliar de Mantenimiento	129
7.4.1.2.7. Departamento de Marketing	130
7.4.1.2.8. Departamento de Ventas.....	130
7.4.1.2.9. Laboratorio de Análisis	131
7.4.1.2.10. Departamento de Compras	131
7.4.1.2.11. Departamento de Contabilidad	132



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



7.4.1.2.12. Departamento de Cobranzas	132
7.4.1.2.12.1. Caja.....	133
7.4.1.2.12.2. Créditos y cobranzas.....	133
7.4.2. TURNOS DE TRABAJO.....	134
7.4.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES CARGOS	135
7.4.4. CONSTITUCIÓN LEGAL DE LA EMPRESA.....	135
7.4.5. DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MICRO, PEQUEÑA, MEDIANA O GRANDE EMPRESA	137
8. ASPECTOS LEGALES Y NORMATIVOS	138
8.1. ASPECTOS LEGALES.....	138
8.1.1. INTRODUCCIÓN	138
8.1.2. MARCO LEGAL	138
8.1.2.1. Legislación nacional.....	138
8.1.2.2 Normativa Provincial	141
8.1.3. CONTEXTO REGIONAL.....	144
8.1.3.1 Caracterización de la región.....	144
8.1.4. MARCO LEGAL VIGENTE REGIONAL EN MATERIA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y AMBIENTAL.....	145
8.1.4.1. Planes de ordenamiento territorial.....	147
8.1.4.2. Descripción sintética del modelo	149
8.1.4.3. Propuesta de los Lineamientos y Estrategias del Desarrollo Territorial y Local	149
8.1.4.3.1. Lineamientos y estrategias.....	149
8.1.4.3.1. Programas y proyectos	150
8.1.5. ORDENANZAS MUNICIPALES	152
8.1.5.1. Ordenanza Impositiva Nº 01-CMS-24.....	152
8.1.5.2. Ordenanza sobre Seguridad e Higiene	152
8.1.5.3. Ordenanza de Protección del Patrimonio Cultural	153
8.1.5.4. Ordenanza sobre Uso del Espacio Público	153
8.1.5.5. Ordenanza de Regulación de Actividades Mineras	153
8.1.5.6. Ordenanza sobre Uso del Agua	153
8.1.5.7. Ordenanza de Participación Comunitaria	153
8.1.6. MARCO IMPOSITIVO	154
8.1.6.1. Impuestos Nacionales	154
8.1.6.1.1. Impuestos a las Ganancias	154



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



8.1.6.1.2. Acuerdos de Doble Tributación	155
8.1.6.1.3. Impuesto al Valor Agregado (IVA)	155
8.1.6.1.4. Impuesto a los Bienes Personales	155
8.1.6.1.5. Impuestos sobre los Débitos y Créditos Bancarios y otras operatorias.....	155
8.1.6.1.6. Retención a las exportaciones	156
8.1.6.1.7. Impuesto PAÍS	156
8.1.6.2. Impuestos Provinciales	156
8.1.6.2.1. Impuestos sobre los ingresos brutos	157
8.1.6.2.2. Impuesto al sello	157
8.1.6.2.3. Impuestos a la transferencia de inmuebles	157
8.1.6.3. Impuestos Municipales.....	158
8.1.6.3.1. Trámites e inscripciones impositivas	158
8.2. ASPECTOS NORMATIVOS Y DE CALIDAD.....	158
8.2.1. INTRODUCCIÓN	158
8.2.2. NORMAS A CERTIFICAR.....	159
8.2.2.1. Normas ISO	159
8.2.2.1.1. ISO 9000 - Sistemas de Gestión de Calidad	160
8.2.2.1.2. ISO 14000 - Sistemas de Gestión Medioambiental	161
8.2.2.1.3. ISO 18000 - Seguridad y Calidad de Vida en el Trabajo	162
8.2.2.1.4. ISO 26 000 - Responsabilidad Social Empresaria	162
8.2.2.2. Normas IRAM.....	163
9. ESTUDIO AMBIENTAL.....	165
9.1 INTRODUCCIÓN.....	165
9.2 RESPONSABILIDAD SOCIAL AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA.....	165
9.3 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ASOCIADA AL PROYECTO	166
9.4 MARCO LEGAL.....	167
9.5 ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	167
9.5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES Y DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE AMBIENTAL.....	167
9.5.1.1 Medio físico.....	167
9.5.1.1.1 Clima de la región	170
9.5.1.1.2 Temperaturas.....	170
9.5.1.1.3 Precipitaciones.....	171
9.5.1.1.4 Humedad	172



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



9.5.1.1.5 Vientos	172
9.5.1.1.7 Geomorfología	174
9.5.1.1.8 Suelos	175
9.5.1.1.9 Hidrología.....	177
9.5.1.1.10 Hidrogeología.....	179
9.5.1.2 Medio biótico.....	180
9.5.1.2.1 Fauna.....	180
9.5.1.2.2 Vegetación	181
9.5.1.2.3 Zonas y áreas protegidas	182
9.5.1.3.1 Población	184
9.5.1.3.2 Actividades productivas.....	185
9.5.1.3.3 Sitios de interés cultural, histórico y/o arqueológico	186
9.5.1.4 Medio Perceptual	186
9.5.1.4.1 Calidad Visual	186
9.5.2 IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	186
9.5.2.1 Etapa de construcción de la planta.....	187
9.5.2.2 Etapa de producción y mantenimiento	188
9.5.2.3 Etapa de abandono y cierre	188
9.5.3 PARÁMETROS EVALUADOS	188
9.5.4 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	190
9.5.4.1 Matriz de identificación de impactos ambientales.....	190
9.5.4.2 Matriz de valoración de impactos ambientales	191
9.5.4.3 Etapa de construcción.....	192
9.5.4.4 Etapa de funcionamiento.....	193
9.5.4.5 Etapa de abandono.....	194
9.5.5 CONCLUSIÓN DE LA EIA	195
9.6 TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES GENERADOS POR LA PLANTA	195
9.6.1 TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS.....	195
9.6.2 TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES SÓLIDOS	198
9.6.3 TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES GASEOSOS.....	200
10. HIGIENE Y SEGURIDAD LABORAL.....	203
10.1. GENERALIDADES	203
10.2 LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD.....	203
10.2.1. CONDICIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN Y SANITARIAS	203



10.2.2. RUIDOS	204
10.2.3. VENTILACIÓN	205
10.2.4. ILUMINACIÓN.....	205
10.2.5. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	205
10.2.6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN INDUSTRIAL.....	206
10.2.7. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD PARA LA MANIPULACIÓN DE EQUIPOS	207
10.2.8. EQUIPOS EXTINTORES Y SEÑALIZACIÓN	210
10.2.9. SISTEMA DE ALARMAS	213
10.3. MANEJO DEL CARBONATO DE LITIO.....	213
10.3.1. FICHA INTERNACIONAL DE SEGURIDAD QUÍMICA.....	213
10.3.2. MEDIDAS CONTRA EL FUEGO	216
10.3.3. VENTAJAS DEL CARBONATO DE LITIO.....	216
10.3.4. DESVENTAJAS DEL CARBONATO DE LITIO	217
10.3.5. MANIPULACIÓN.....	217
10.3.6. ALMACENAMIENTO.....	218
10.3.7. RIESGOS DE ALMACENAMIENTO.....	218
10.4. CONCLUSIÓN.....	219
11. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	220
11.1. INTRODUCCIÓN.....	220
11.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	220
11.3. ESTRUCTURA DE COSTOS	221
11.3.1. INVERSIÓN INICIAL	221
11.3.1.1. Terreno	222
11.3.1.2. Edificio e instalaciones	223
11.3.1.3. Maquinaria y equipos	223
11.3.1.4. Muebles y útiles	224
11.3.1.5. Costos diferidos	225
11.3.1.6. Inversión necesaria	226
11.3.2. CRONOGRAMA DE INVERSIONES.....	226
11.3.3. INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO (ICT).....	228
11.3.3.1. Selección de método.....	228
11.3.3.2. Cálculo de la inversión en capital de trabajo.....	228
11.3.4. COSTOS FIJOS.....	229
11.3.4.1. Costos por depreciaciones y amortizaciones.....	229



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



11.3.4.2. Costos fijos de mano de obra.....	230
11.3.4.3. Costos fijos de servicios y otros	230
11.3.4.4. Resumen de costos fijos	232
11.3.5. COSTOS VARIABLES	233
11.3.5.1. Costos variables por materias primas e insumos	233
11.3.5.2. Costos variables por mano de obra variable.....	233
11.3.5.3. Costos variables por servicios.....	234
11.3.5.4. Resumen de costos variables	235
11.3.6. COSTOS TOTALES.....	235
11.4. BENEFICIOS DEL PROYECTO	236
11.4.1. INGRESOS TOTALES	237
11.5 PUNTO DE EQUILIBRIO.....	238
11.6 FLUJO DE CAJA	239
11.6.1. VALOR ACTUAL NETO	241
11.6.2. TASA INTERNA DE RETORNO	241
11.7. CONCLUSIÓN.....	241
12. ANÁLISIS DE RIESGO	242
12.1. INTRODUCCIÓN.....	242
12.2. RIESGOS IDENTIFICADOS.....	242
12.2.1. ASPECTOS TECNOLÓGICOS	242
12.2.1.1. Baja de productividad.....	242
12.2.1.2. Falta de insumos y/o servicios	242
12.2.1.3. Falla de maquinaria.....	243
12.2.2. ASPECTOS ECONÓMICOS	243
12.2.2.1. Aumento del precio de las materias primas.....	243
12.2.2.2. Baja en el precio del producto	243
12.2.3. SINIESTROS E IMPREVISTOS.....	244
12.2.3.1. Incendios y explosiones	244
12.2.3.2. Accidentes de trabajo.....	245
12.2.4. RESUMEN	246
12.3. CONCLUSIÓN.....	246
13. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	247
13.1. INTRODUCCIÓN.....	247
13.2. PARÁMETROS PARA SENSIBILIZAR.....	247



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”

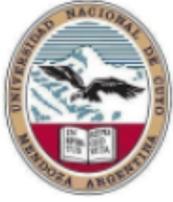


13.3. CONCLUSIÓN.....	249
14. BIBLIOGRAFÍA	250



LISTA DE TABLAS

- Tabla 2.1* Propiedades físicas del Litio
Tabla 2.2 Principales tecnologías para cátodos
Tabla 2.3 Comparación entre los distintos tipos de extracción
Tabla 4.1 Programa de Producción propuesto
Tabla 5.1 Costos de transporte terrestre para septiembre 2024
Tabla 5.2 Costos de transporte marítimo para septiembre 2024
Tabla 5.3 Matriz de ponderación de la macrolocalización
Tabla 5.4 Matriz de ponderación de la microlocalización
Tabla 6.1 Parámetros técnicos de torre de adsorción
Tabla 7.1 Ficha de función Gerente General
Tabla 7.2 Ficha de función Gerente de Operaciones
Tabla 7.3 Ficha de función Gerente de Economía y Finanzas
Tabla 7.4 Ficha de función Gerente Comercial
Tabla 7.5 Ficha de función Gerente de Control de Calidad
Tabla 7.6 Ficha de función Gerente de Operaciones
Tabla 7.7 Ficha de función Auxiliar de Almacenamiento
Tabla 7.8 Ficha de función Auxiliar de Logística
Tabla 7.9 Ficha de función Jefe de Producción
Tabla 7.10 Ficha de función Operarios
Tabla 7.11 Ficha de función Jefe de Mantenimiento
Tabla 7.12 Ficha de función Operarios / Técnicos en Mantenimiento
Tabla 7.13 Ficha de función Jefe de Marketing
Tabla 7.14 Ficha de función Jefe de Ventas
Tabla 7.15 Ficha de función Laboratorista
Tabla 7.16 Ficha de función Jefe de Compras
Tabla 7.17 Ficha de función Jefe de Contabilidad
Tabla 7.18 Ficha de función Jefe de Cobranzas
Tabla 7.19 Ficha de función Caja
Tabla 7.20 Ficha de función Créditos y cobranzas
Tabla 7.21 Distribución de Personal de la Organización
Tabla 7.22 Diferencias entre Sociedad Anónima y Sociedad de Responsabilidad Limitada
Tabla 7.23 Volumen de ingresos de empresas grandes
Tabla 8.1 Legislación nacional
Tabla 8.2 Legislación provincial
Tabla 8.3 Normas IRAM aplicables al proyecto
Tabla 9.1 Promedio mensual de temperatura (°C)
Tabla 9.2 Promedio mensual de precipitación (mm)
Tabla 9.3 Velocidad promedio mensual del viento (km/h)
Tabla 9.4 **Población** en el departamento de Susques - Año 2022
Tabla 9.5 Matriz de identificación de impactos ambientales



- Tabla 9.6** Escala de colores para visualizar la importancia de los impactos
Tabla 9.7 Atributos de caracterización del impacto
Tabla 9.8 Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de construcción
Tabla 9.9 Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de funcionamiento
Tabla 9.10 Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de cierre
Tabla 10.1 Propiedades del Li_2CO_3
Tabla 11.1 Inversión inicial en terreno
Tabla 11.2 Inversión inicial en edificios e instalaciones
Tabla 11.3 Inversión inicial en equipos y maquinarias
Tabla 11.4 Inversión inicial en muebles y útiles
Tabla 11.5 Inversión inicial en cargos diferidos
Tabla 11.6 Cronograma de inversiones
Tabla 11.7 Cronograma de inversiones
Tabla 11.7 Tabla de depreciaciones y amortizaciones
Tabla 11.8 Tabla de costos fijos de mano de obra
Tabla 11.9 Tabla de costos fijos por servicios
Tabla 11.9 Tabla de costos fijos por servicios
Tabla 11.9 Tabla de costos fijos por servicios
Tabla 11.10 Tabla de costos fijos por administración
Tabla 11.11 Tabla de costos fijos por comercialización
Tabla 11.12 Tabla de costos variables de materias primas e insumos
Tabla 11.13 Costos variables de mano de obra variable
Tabla 11.14 Costos variables por servicios
Tabla 11.15 Ingresos por ventas mensuales
Tabla 11.16 Ingresos por ventas anuales
Tabla 11.17 Flujo de caja
Tabla 12.1 Resumen del análisis de riesgos del proyecto
Tabla 13.1 Sensibilidad del proyecto frente a la variación del precio de venta de los productos



LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Representación del Litio en la tabla periódica de los elementos

Figura 2.2 Compuestos de Litio (derecha). Usos finales (izquierda).

Figura 2.3: Objetivos de Desarrollo Sostenible

Figura 2.4 Volumen de agua utilizada en ambos procesos

Figura 2.5 Comparación de la permeación de iones litio a través de poros en una membrana de intercambio iónico con diámetro de poro mayor al de ion litio hidratado $\text{Li}(\text{H}_2\text{O})_4^+$ (a) y a través de MOF con desolvatación en poro con diámetro menor que el de $\text{Li}(\text{H}_2\text{O})_4^+$ (b).

Figura 2.6 Distribución territorial

Figura 2.7 Flujos de comercio del carbonato de Litio

Figura 2.8 Proyección Usos del Litio

Figura 2.9 Proyección de la demanda mundial de Litio hasta el año 2035

Figura 2.10 Porcentaje del mineral Litio en distintos países

Figura 2.11 Proyección demanda de Litio por tipo de compuesto

Figura 2.12 Proyección demanda de Litio en Argentina

Figura 2.13 Mayores productores de Litio

Figura 2.14 Triángulo del Litio

Figura 2.15 Principales lugares de explotación en el país

Figura 2.16 Demanda total de litio por sector y escenario, 2020-2040

Figura 2.17 Contenedor Hermético

Figura 2.18 BigBags

Figura 2.19 Camión Cisterna

Figura 2.20 Transporte Ferroviario

Figura 2.21 Transporte Marítimo

Figura 3.1 Componentes del proceso de extracción directa de Litio

Figura 3.2 Estructuras metal-orgánicas (MOFs) con cavidades de diferente tamaño: ZIF-8 (0,34nm), UIO-66 (0,6nm) y HKUST.1 (0,9nm)

Figura 3.3 Comparación de la permeación de iones litio a través de poros en una membrana de intercambio iónico con diámetro de poro mayor al de ion litio hidratado $\text{Li}(\text{H}_2\text{O})_4^+$ (a) y a través de MOF con desolvatación en poro con diámetro menor que el de $\text{Li}(\text{H}_2\text{O})_4^+$ (b).

Figura 3.4. (a) estructura química de éter corona con 6 átomos de oxígeno y (b) de óxido de fosfina; ambos coordinan al ion Li^+ en la cavidad central.

Figura 3.5. Esquema de energías del proceso de pérdida de la atmósfera de solvatación del ion litio para encontrar otro entorno en solvente, quelato o macrociclo supramolecular

Figura 3.6 Proceso de producción - Extracción Directa de Litio (DEL) mediante Nanofiltración

Figura 4.1 Programa de Producción propuesto

Figura 5.1 Cadena Logística

Figura 5.2 Distribución Reservas de Litio

Figura 5.3 Mapa de potencial de energía solar por país

Figura 5.4 Superficie de salares en la provincia de Jujuy

Figura 5.5 Disponibilidad de servicios

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



- Figura 5.6* Localización geográfica número I - Salar Olaroz
Figura 5.7 Vista detallada de localización geográfica número I - Salar Olaroz
Figura 5.8 Localización geográfica número II - Salar Cauchari
Figura 5.9 Vista detallada de localización geográfica número II - Salar Cauchari
Figura 6.1 Esquema de una planta Extracción Directa de Litio (DEL)
Figura 6.2 Diagrama de flujo de la producción de Li_2CO_3
Figura 6.3 Extracción de salmuera en Centenario-Ratones
Figura 6.4 Ilustración de equipo de nanofiltración
Figura 6.5 Ilustración de equipo de osmosis inversa
Figura 6.6 Ilustración de equipo de evaporación forzada
Figura 6.7 Ilustración de equipo de purificación
Figura 6.9 Concentraciones máxima, media y mínima de elementos en el Salar Cauchari
Figura 6.8 Bomba de Alimentación electrosumergible MASTER SH
Figura 6.8 Tabla de especificaciones técnicas
Figura 6.10 Características de sorbentes
Figura 6.11 Propiedades estándar de membranas de Nanofiltración
Figura 6.12 Dimensiones de membranas de Nanofiltración
Figura 6.13 Condiciones de operación de membranas de Nanofiltración
Figura 6.14 Especificaciones y Dimensiones de la membrana
Figura 6.15 Tabla especificaciones evaporador
Figura 6.16 Especificaciones y Dimensiones de Reactores de mezcla
Figura 6.17 Especificaciones y Dimensiones de Filtro de bandas.
Figura 6.18 Especificaciones y Dimensiones de Hidrociclón
Figura 6.19 Especificaciones y Dimensiones de Micronizador
Figura 6.20 Balance de Masa Global del Proceso
Figura 6.21 Layout del área de producción
Figura 6.22 Representación oficinas
Figura 6.23 Layout general de la planta
Figura 7.1 Organigrama de la empresa
Figura 8.1 Ubicación geográfica de la Puna Jujeña
Figura 8.2 Modelo actual de Susques
Figura 8.3 Modelo deseado de Susques
Figura 8.4 Modelo territorial deseado de la Puna Jujeña
Figura 8.5 Programas y proyectos
Figura 8.6 Ciclo PHVA
Figura 9.1 Localización del proyecto, accesos e infraestructura
Figura 9.2 Características fisiográficas y morfotectónicas de los Andes Centrales
Figura 9.3 La cuenca de drenaje de Cauchari y Olaroz
Figura 9.4 Humedad diaria
Figura 9.5 Ecorregiones de Jujuy
Figura 9.6 Mapa Geomorfológico de la provincia de Jujuy
Figura 9.7 Mapa de suelos de la provincia de Jujuy
Figura 9.8 El canal de Río Ola. El canal cruza un paso de lecho rocoso y entra en el abanico aluvial de Archibarca, donde se infiltra antes de entrar en el salar.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



- Figura 9.9** Modelo que muestra la diferencia entre salares maduros e inmaduros
- Figura 9.10** Listado de situación de riesgo de las especies de la Reserva Olaroz Cauchari
- Figura 9.11** Ubicación Geográfica Reserva de Fauna y Flora Olaroz Cauchari
- Figura 9.12** ANP de la Provincia de Jujuy
- Figura 9.13** Sedimentador vertical
- Figura 9.14** Ablandador con resina de intercambio iónico
- Figura 9.15** Esquema Lodos Activados
- Figura 9.16** Esquema de Vertedero
- Figura 9.17** Filtro de Mangas
- Figura 9.18** Proceso Girbotol
- Figura 10.1** Elementos de protección personal para riesgos sonoros
- Figura 10.2** Niveles de iluminación exigidos por ley
- Figura 10.3** Elementos de protección personal
- Figura 10.4** Señales de seguridad que deben encontrarse en las máquinas
- Figura 10.5** Clases de extintores
- Figura 10.6** Chapas balizadas
- Figura 10.7** Monitor fijo contra incendios
- Figura 11.1** Distribución de fijos para el año 1
- Figura 11.3** Distribución de costos variables del proyecto
- Figura 11.4** Distribución de costos totales del proyecto
- Figura 11.5** Punto de equilibrio
- Figura 13.1.** Variación del VAN con respecto a la variación del precio de venta de los productos
- Figura 13.2.** Variación de la TIR con respecto a la variación del precio de venta de los productos.



RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo contiene el análisis y evaluación técnico-económica de: “Extracción de Litio de forma no convencional a partir de nanofiltración”. El estudio realizado alcanza el nivel de prefactibilidad.

El Litio (Li) es un elemento químico perteneciente al grupo de los metales alcalinos, formado por tres protones y tres electrones, normalmente se presenta en forma de compuestos ya que es altamente reactivo y tiende a formar enlaces con otros elementos.

En su forma pura, es un metal blando, de color blanco plata, que se oxida rápidamente en aire o agua. Su densidad es la mitad de la del agua, siendo el metal y elemento sólido más ligero, blando y blanco.

El Litio es un metal que ha despertado un creciente interés mundial en los últimos años, convirtiéndose en un recurso estratégico a nivel global. Este interés se debe principalmente a que el Litio es fundamental en la fabricación de baterías de ion-Litio, esenciales para alimentar la próxima generación de vehículos eléctricos. Además del mercado de automóviles eléctricos, el Litio también desempeña un papel crucial en la industria de lubricantes, donde se ha descubierto que varios compuestos de Litio se utilizan en la formulación de lubricantes para altas temperaturas.

Asimismo, el Litio se emplea en la creación de aleaciones ligeras y resistentes para la industria aeronáutica y es un componente importante en la fabricación de materiales cerámicos. Estas diversas aplicaciones subrayan la importancia del Litio en varias industrias, consolidando su posición como un recurso de gran relevancia en el panorama tecnológico y económico actual.

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), se proyecta que la demanda de litio podría aumentar más de 40 veces para 2040 en comparación con los niveles actuales, en línea con la transición energética global y los compromisos de reducción de emisiones de carbono.

Además, un informe del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) de 2021 indicó que la demanda global de litio alcanzó aproximadamente 95,000 toneladas métricas de carbonato de litio equivalente (LCE) en 2020, y se espera que esta cifra crezca sustancialmente en las próximas décadas. Se anticipa que para 2030, la demanda de litio podría superar los 2 millones de toneladas métricas de LCE debido a la rápida adopción de vehículos eléctricos y la implementación de energías renovables.

La importancia del desarrollo de nuevos métodos de extracción directa de litio radica en varios aspectos a nivel nacional y global. En primer lugar, estas tecnologías juegan un papel crucial en la conservación del medio ambiente, ya que son más sostenibles y menos invasivas que

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



los métodos tradicionales de extracción, reduciendo así el impacto ecológico y preservando los recursos hídricos. Además, la implementación de métodos innovadores no solo contribuye a la protección del entorno natural, sino que también impulsa la generación de empleos y la industrialización en el país, fomentando el crecimiento económico y el desarrollo tecnológico.

En el estudio de mercado del Litio, se permite inferir que la disposición de materia prima a nivel nacional estaría garantizada, dado el abundante suministro de recursos de Litio en diversas regiones. Además, no se identifican elementos que indiquen aumentos sustanciales en el precio de los mismos en el corto plazo, a pesar de la creciente demanda global impulsada por la transición hacia energías renovables y vehículos eléctricos. Cabe destacar que el análisis se desarrolla en dólares americanos, y dado que el litio es un commodity, esta empresa sería tomadora de precio y no formadora. Esto significa que el precio del Litio está determinado por el mercado global y las fuerzas de oferta y demanda, más que por la influencia de productores individuales.

La distribución a los clientes podría lograrse en forma directa, ya que el producto terminado es apto para el consumo instantáneamente. El precio utilizado en la evaluación prevé esta última situación, y el mismo se obtuvo a partir de una regresión realizada en un horizonte temporal entre los años 2024 y 2034, el cual arrojó un valor de 10900 U\$/tn.

Según las características propias del proceso y especificaciones técnicas del producto final a obtener, el proceso productivo y la tecnología más adecuada por disponibilidad de equipos y simplicidad del desarrollo y diseño de los mismos, consiste en la utilización de un equipo de nanofiltración.

Para la determinación del tamaño, que se define en base al volumen de producción, se parte de la premisa de sustituir la extracción convencional de Litio con la extracción directa.

Para esto se consideran las proyecciones de aumento de la demanda y los datos de las empresas nacionales productoras que no proyectan ampliaciones sustanciales en su capacidad de producción. El tamaño máximo quedaría limitado por la capacidad de inversión y la tecnología. Con estas consideraciones se establece que el tamaño seleccionado sería de 6400 toneladas anuales. Este valor se contrastó con otras plantas del mismo producto, que, en general, tienen volúmenes de producción similares o mayores.

Con este nivel de producción se cubriría un 8% de la demanda actual de Argentina. Del estudio de localización realizado, se identificó (tras una serie de análisis de ponderación, entre otros) como mejor alternativa la ubicación del emprendimiento en el área industrial del Salar de Caucharí, Jujuy, destacándose de otras localizaciones, como por ejemplo Salta y Catamarca.

El proceso comienza con la extracción de salmuera directamente del salar, la cual es enviada a la planta de procesamiento. A diferencia de los métodos convencionales, donde la salmuera se pierde, en este caso se reinyecta el 95% de la misma al salar, lo que minimiza el impacto ambiental. Además, se cuenta con una planta de tratamiento de agua que permite reciclar el

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel
Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



50% del agua utilizada en el proceso, haciendo que la extracción directa sea más sostenible. Un aspecto clave es que la energía utilizada proviene de fuentes tanto renovables como no renovables, garantizando un suministro eficiente. Asimismo, se realizó un análisis exhaustivo de las leyes y decretos aplicables al proyecto, concluyendo que no existe ninguna normativa que obstaculice la instalación de la planta.

La mayor parte de los compradores del producto objeto sería en el mercado internacional, que, en su mayoría, exigen la certificación de normativas internacionales de calidad. Es por esto, que se estableció la conveniencia de implementación de normas ISO previendo una ampliación de los horizontes de mercado. En lo que respecta al análisis medioambiental, este tipo de producto no generará efluentes gaseosos directamente, aunque se tendrían efluentes acuosos productos del funcionamiento habitual del proceso y de la planta, como son los cloacales y aguas residuales producto de la limpieza. Además, se generarían pequeñas cantidades de efluentes sólidos correspondientes a sales del proceso y residuos asimilables urbanos propios de la planta. La cantidad de efluentes líquidos, gaseosos y sólidos sería despreciable, aunque se propone el correcto tratamiento de los mismos. Se puede observar que el impacto que se ocasionará al medio ambiente no sería de gran magnitud, aunque es muy importante la seguridad industrial, ya que se trabaja con un producto almacenado en estado sólido con cierto riesgo de inflamación. Para la radicación en el área industrial, el organismo regulador municipal exige una Evaluación de Impacto Ambiental, y para obtener la Declaración de Impacto Ambiental, el proyecto deberá pasar la instancia de la Audiencia Pública, además de seguir con otras legislaciones dependientes de la localización y el tipo de actividad a desarrollar. El análisis económico fue realizado para un horizonte de evaluación de 10 años. La implementación de este proyecto demandaría una inversión inicial de U\$S 13.740.358,66 , mientras que la inversión en capital de trabajo alcanzaría los U\$S 6.728.173,42. La tasa de descuento se calculó a través del método CAPM y arrojó un valor de 19,9%. Los costos anuales se estiman en U\$S 56.139.015,04, mientras que las utilidades anuales se encuentran en U\$S 7.946.759,99, por lo que el VAN, evaluado a 10 años, sería de U\$S19.271.180, y la TIR sería de 44%. A partir de estos valores, se define la rentabilidad del proyecto bajo las condiciones establecidas.

Del análisis de riesgo se determinaron cualitativamente ciertos valores que afectan al proyecto, y a fines de un proyecto de prefactibilidad se encuentra que las atribuciones económicas son las que más afectarían la viabilidad del proyecto. De estas variables se realizó un análisis de sensibilidad unidimensional. Se estudiaron como parámetros influyentes el precio de venta de los productos, concluyendo que la sensibilidad alcanzaría un 11%, es decir, una disminución del precio de venta del carbonato de litio de U\$S9700, por debajo del cual comenzamos a tener pérdidas en nuestro proyecto. A partir de este valor se obtendrían resultados de VAN negativos y una TIR por debajo de la tasa de descuento del proyecto, pero con un precio excesivamente bajo para el mercado y por ende muy poco competitivo.



ABSTRACT

This report contains the technical-economic analysis and evaluation of the project: “Non-conventional Lithium Extraction through Nanofiltration.” The study has reached a prefeasibility level.

Lithium (Li) is a chemical element belonging to the alkali metals group, composed of three protons and three electrons. It typically exists in compound form due to its high reactivity, as it tends to bond with other elements.

In its pure form, lithium is a soft, silvery-white metal that oxidizes quickly in air or water. Its density is half that of water, making it the lightest solid metal and element, with a soft, white appearance.

Lithium has garnered significant global attention in recent years, becoming a strategic resource on a global scale. This interest is mainly due to its critical role in manufacturing lithium-ion batteries, which are essential for powering the next generation of electric vehicles. Beyond electric vehicles, lithium also plays a key role in the lubricants industry, where several lithium compounds are used in high-temperature lubricant formulations.

Furthermore, lithium is used to create lightweight, durable alloys for the aerospace industry and is a crucial component in the manufacturing of ceramic materials. These diverse applications highlight lithium's importance in various industries, solidifying its position as a highly relevant resource in today's technological and economic landscape.

According to the International Energy Agency (IEA), lithium demand is projected to increase more than 40-fold by 2040, compared to current levels, in line with the global energy transition and carbon reduction commitments.

Additionally, a 2021 report by the United States Geological Survey (USGS) indicated that global lithium demand reached approximately 95,000 metric tons of lithium carbonate equivalent (LCE) in 2020, with expectations for substantial growth in the coming decades. By 2030, lithium demand could exceed 2 million metric tons of LCE due to the rapid adoption of electric vehicles and renewable energy technologies.

The development of new direct lithium extraction methods is crucial for several reasons, both nationally and globally. Firstly, these technologies play a key role in environmental conservation, as they are more sustainable and less invasive than traditional extraction methods, thereby reducing ecological impact and preserving water resources. Moreover, the implementation of innovative methods not only contributes to environmental protection but also stimulates job creation and industrialization within the country, fostering economic growth and technological advancement.

The lithium market analysis suggests that the availability of raw materials at the national level would be guaranteed, given the abundant supply of lithium resources in various regions. Additionally, no significant price increases are expected in the short term, despite growing global demand driven by the shift to renewable energy and electric vehicles. It is important to note that the analysis is conducted in U.S. dollars, and since lithium is a commodity, the company would be a price taker rather than a price maker. This means that the price of lithium is determined by global market forces of supply and demand, rather than by individual producers.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Distribution to customers could be done directly, as the finished product is ready for immediate use. The price used in the evaluation assumes this scenario, and was derived from a regression analysis over a time horizon from 2024 to 2034, yielding a value of 10,900 USD/ton. Based on the specific characteristics of the process and the technical specifications of the final product, the most suitable production technology, considering equipment availability and simplicity of design, is the use of nanofiltration equipment.

To determine the production capacity, which is based on production volume, the premise is to replace conventional lithium extraction with direct extraction. This approach considers the projected increase in demand and the data from national producers, who do not forecast significant expansions in production capacity. The maximum capacity would be limited by investment potential and available technology.

With these considerations, the selected production capacity would be 6,400 tons per year. This value was compared to other plants producing the same product, which generally have similar or higher production volumes.

This production level would meet approximately 8% of Argentina's current demand. From the location analysis conducted, the best alternative identified was the industrial area of the Salar de Caucharí, Jujuy, which stood out from other potential sites, such as Salta and Catamarca. The process begins with the extraction of brine directly from the salar, which is then sent to the processing plant. Unlike conventional methods, where the brine is lost, 95% of it is reinjected into the salar, minimizing environmental impact. Additionally, the plant has a water treatment system that recycles 50% of the water used in the process, making direct extraction more sustainable. A key aspect is that the energy used comes from both renewable and non-renewable sources, ensuring efficient supply. Furthermore, a thorough analysis of the laws and decrees applicable to the project was conducted, concluding that no regulations would impede the installation of the plant.

Most of the product's buyers would be in the international market, which primarily requires certification of international quality standards. For this reason, it was deemed beneficial to implement ISO standards, anticipating an expansion of market opportunities. Regarding environmental analysis, this type of product will not generate significant gaseous emissions, although aqueous effluents from the process and the plant's normal operation, such as sewage and cleaning wastewater, are expected. Small amounts of solid waste, including process salts and urban-like plant waste, will also be generated. The quantities of liquid, gaseous, and solid effluents are negligible, but proper treatment is recommended. The environmental impact is expected to be minimal, although industrial safety is crucial, as the product is stored in solid form with some risk of ignition. To locate in the industrial area, the municipal regulatory body requires an Environmental Impact Assessment, and to obtain the Environmental Impact Declaration, the project must undergo a Public Hearing, as well as comply with other regulations depending on the location and type of activity to be developed. The economic analysis was conducted over a 10-year evaluation horizon. Implementing this project would require an initial investment of 13,740,358.66 USD, while working capital investment would reach 6,728,173.42 USD. The discount rate was calculated using the CAPM method, resulting in a value of 19.9%. Annual costs are estimated at 56,139,015.04 USD, while annual profits are expected to reach 7,946,759.99 USD, yielding a NPV of 19,271,180



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
**“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”**



USD over 10 years and an IRR of 44%. Based on these values, the project's profitability under the established conditions is determined.

From the risk analysis, certain factors affecting the project were qualitatively identified, and for a prefeasibility study, economic variables were found to have the greatest impact on the project's viability. A unidimensional sensitivity analysis was performed for these variables. Influential parameters, such as the sale price of the products, were analyzed, concluding that sensitivity would reach 11%. This means that a decrease in the selling price of lithium carbonate to 9,700 USD would result in losses for the project. Below this value, NPV would become negative, and the IRR would fall below the project's discount rate, but this price would be unreasonably low for the market and, thus, uncompetitive.



1. INTRODUCCIÓN

El Litio (Li) es un elemento químico perteneciente al grupo de los metales alcalinos, identificado con el número atómico 3. Se presenta en forma de compuestos debido a su alta reactividad. En su forma pura, es un metal blando, de color blanco plata, que se oxida rápidamente en contacto con el aire o el agua. Es el metal y elemento sólido más ligero conocido, con una densidad aproximadamente la mitad de la del agua.

El Litio ha despertado un creciente interés mundial en los últimos años, convirtiéndose en un recurso estratégico a nivel global. Este interés se debe principalmente a su papel fundamental en la fabricación de baterías de iones de Litio. Estas baterías destacan por su alta densidad de energía, larga vida útil y eficiencia. Además, su capacidad para almacenar energía las convierte en componentes clave para las energías renovables, permitiendo un almacenamiento eficiente y fiable de la energía generada por fuentes como la solar y la eólica.

Además de su uso en la industria automotriz, el litio tiene aplicaciones significativas en otros campos. En la industria de lubricantes, en la industria aeronáutica, farmacéutica, etc.

La extracción del Litio se realiza principalmente a partir de dos fuentes: salmueras y minerales de roca dura. Las salmueras, se procesan mediante evaporación solar para concentrar el Litio antes de su tratamiento químico. Los minerales de roca dura, como el espodumeno, se extraen mediante minería convencional y se procesan para extraer el Litio.

El desarrollo de métodos de extracción más sostenibles, como la extracción directa, es crucial para minimizar el impacto ambiental y aumentar la eficiencia de la producción. Estos avances tecnológicos responden a la creciente demanda mundial de Litio y subrayan la importancia de este metal en diversas industrias.

La principal ventaja en todos estos métodos es el tiempo de extracción, que es de horas en lugar de los 12 a 18 meses requeridos por la evaporación.

Otro aspecto importante para considerar es el enorme volumen de salmuera que debe tratarse en la evaporación. A concentraciones típicas de 500 a 1000 mg por litro de litio, para extraer una tonelada de litio (o 5 toneladas de carbonato de litio equivalente, LCE) deben evaporarse entre 1000 y 2000 metros cúbicos de salmuera, o sea, del orden del millón de litros de salmuera. Además, este proceso demanda enormes superficies (miles de hectáreas) y largos tiempos de evaporación. Los métodos de extracción directa, además de rápidos, tienen menor consumo de agua; no dependen de condiciones climáticas ni de la composición de la salmuera, tienen alto rendimiento (70-90%) y, en general, tienen menor efecto sobre el medio ambiente.

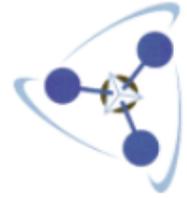
La idea del proyecto surge como un aprovechamiento de las oportunidades provenientes del cambio de panorama a escala global. La búsqueda actual de la conservación del ambiente y

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
**“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”**



la transición a energías verdes. En este contexto, el estudio busca incorporar al mercado un producto prometedor para reemplazar las tecnologías convencionales de extracción. Este nuevo método de extracción se presenta como una opción más amigable con el medio ambiente, logrando así una neutralidad en las emisiones de carbono del proceso, de forma que se acople al nuevo paradigma mundial.

Teniendo en cuenta su potencial en la región, el objetivo de este trabajo consiste en describir y analizar los aspectos tecnológicos, de mercado, económicos y ambientales derivados de la obtención de Carbonato de Litio por el método anteriormente mencionado.

Debido a la inestabilidad económica actual de Argentina, el horizonte de evaluación propuesto para el proyecto es de 10 años, en el cual se tomará una postura conservadora en cuanto a los pronósticos de precios, a la estimación de costos y diseño de equipos. Si el estudio de prefactibilidad es viable en esta situación, se justificará realizar un estudio en detalle, en el que seguramente, una estimación de costos más precisa y con un mayor horizonte de evaluación resultará en un pronóstico con mayor beneficio económico y viable en el tiempo.



2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1 DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL LITIO Y SUS PROPIEDADES

El Litio (Li) es un metal alcalino ligero con número atómico 3 en la tabla periódica. Se caracteriza por ser extremadamente reactivo debido a su configuración electrónica, que le hace propenso a formar enlaces químicos rápidamente.

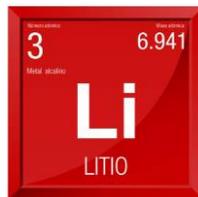


Figura 2.1. Representación del Litio en la tabla periódica de los elementos
Fuente: Litio Argentina

En condiciones normales de temperatura y presión se encuentra como sólido. Es altamente reactivo y tiende a formar compuestos sólidos o líquidos con otros elementos, como el carbonato de Litio (Li_2CO_3), hidróxido de Litio (LiOH), cloruro de Litio (LiCl), entre otros. Es importante destacar que el Litio es inflamable y puede arder espontáneamente en contacto con el oxígeno.

Propiedades Físicas del Litio	
Número atómico	3
Peso atómico	6.941
Estructura	Monoclínico
Punto de fusión 0 °C	186
Punto de ebullición, 0 °C	1.336
Peso específico 0 °C	0.534
Calor específico del estado líquido (sobre 200 °C)	1.0
Calor específico, 0 °C cal/gr. °C	0.784
Resistividad, 0 °C	8.55
Coef. de temp. De resistividad por 0 °C	4.5×10^{-3}

Tabla 2.1 Propiedades físicas del Litio
Fuente: Enciclopedia del Litio

El Litio es un elemento moderadamente abundante y está presente en la corteza terrestre en 65 partes por millón (ppm). El Litio se encuentra presente en una amplia gama de minerales (aproximadamente 145 especies mineralógicas lo contienen), sólo algunas poseen valor económico.



Asimismo, el Litio se encuentra en salmueras de diversos orígenes, como salmueras naturales, salmueras asociadas a pozos petrolíferos y a campos geotérmicos. Las salmueras con valor económico se encuentran básicamente en salares y lagos salinos. También se encuentra presente en diversas arcillas (siendo la hectorita la más importante) y en el agua de mar, en concentraciones del orden de 0,17 ppm.

2.1.2 USOS Y APLICACIONES

En los últimos años, el crecimiento de la demanda de baterías de iones de litio, utilizadas en la fabricación de vehículos eléctricos, aparatos electrónicos y dispositivos de almacenamiento energético, ha determinado la composición de los compuestos de litio obtenidos. Como se observa en la figura 2.2, en el año 2022 las baterías representaron el 83% de la demanda de litio, dividiéndose en alrededor de dos tercios para vehículos eléctricos (considerando vehículos eléctricos enchufables, sean completamente eléctricos o híbridos), 7% para artículos electrónicos de uso personal (computadores, tablets, teléfonos, herramientas de ferretería, entre otros) y 11% para sistemas de almacenamiento energético, desplazando los usos tradicionales como en vidrios, cerámicas, grasas y otros. La electromovilidad, que representa el 65% de la demanda total, es el factor decisivo en el desarrollo actual y potencial del mercado del litio.

El carbonato y el hidróxido de litio (incluyendo los productos previos para su elaboración, principalmente los concentrados de espodumeno) son los principales compuestos químicos destinados a la fabricación de baterías para la industria automotriz eléctrica. Estos compuestos se comercializan en grado técnico y grado batería, dependiendo del nivel de pureza. Para el carbonato el grado técnico suele requerir un 99,0% de pureza, mientras que el grado batería exige al menos un 99,5%. Cada vez adquieren mayor diferenciación de acuerdo con las demandas técnicas específicas de cada comprador.

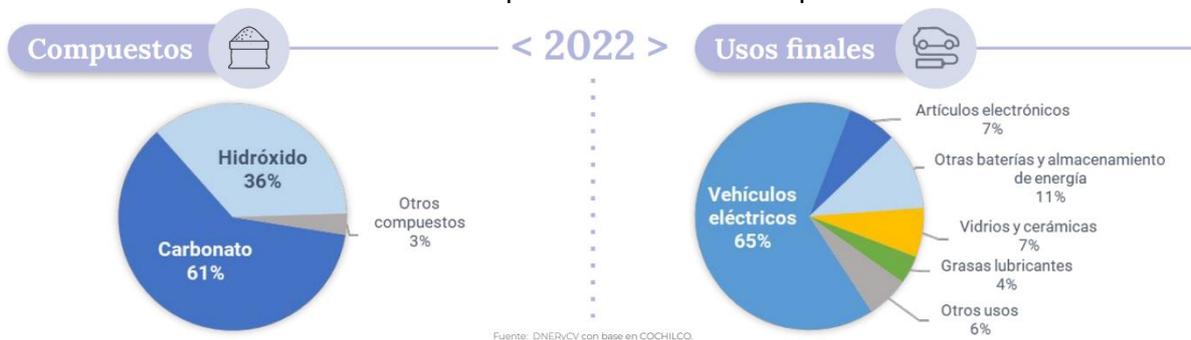


Figura 2.2 Compuestos de Litio (derecha). Usos finales (izquierda).
Fuente: DNERyCV con base en COCHILCO

El litio es usado en los tres componentes principales de la batería de ion-litio: el ánodo, el electrolito y el cátodo. Sin embargo, su uso principal radica en el cátodo. En este elemento se han desarrollado varias tecnologías que tienden a denominarse en base a los metales contenidos y sus proporciones. Por ejemplo, NCM 622, se refiere a un cátodo en base a 60% níquel, 20% cobalto y 20% manganeso.



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



Los fabricantes de baterías para vehículos eléctricos buscan optimizar la química del cátodo principalmente en términos de eficiencia energética, construcción, costo, ciclo de vida, seguridad y autonomía.

Con estas consideraciones, la Tabla 2.2 expone los usos principales potenciales, así como las mayores ventajas y desventajas percibidas por la industria en el uso de las principales tecnologías de cátodo de batería de iones de litio.

Una preocupación creciente en los últimos años ha sido la intensidad del uso de cobalto. Dada la falta de seguridad percibida en su oferta, la alta variabilidad en sus precios y los cuestionamientos ambientales y laborales asociados a su explotación, llevada a cabo mayormente en la República Democrática del Congo, varios fabricantes de baterías han invertido en I+D para reducir su exposición (especialmente en baterías del tipo NCM) o incluso eliminarlo por completo (como en el caso de las LMO, LMNO y LFP).

Tipo de Cátodo	Principales Usos Actuales y Potenciales	Principales Ventajas	Principales Desventajas	Tipo de Uso de Li (kg/kWh)
Litio y Óxido de Cobalto (LCO)	Artículos electrónicos portátiles	Alta Estabilidad Química	Intensiva en Cobalto	0,15
NCA (Níquel-litio, Cobalto y Óxido de Aluminio)	Vehículos eléctricos de alta gama y artículos electrónicos portátiles	Alta Densidad Energética, Alta Vida Útil	Menor Estabilidad en Relación al Uso de Níquel	0,14 - 0,04
NCM (Níquel-litio, Cobalto y Manganeso)	Vehículos eléctricos de gama media y artículos electrónicos portátiles	Alta Estabilidad Química, Alta Vida Útil, Costo Moderado	Intensiva en Cobalto (Según Modelo)	0,16 - 0,05
LMO (Litio, Óxido de Manganeso)	Herramientas eléctricas, e-bikes, scooters, equipos médicos de alto consumo	Alta Tasa de Carga, Alta Estabilidad Química	Vida Útil Acotada, Menor Capacidad en Relación al Cátodo Basado en Cobalto	0,08 - 0,03
LMNO (Litio, Manganeso, Óxido de Níquel)	Vehículos eléctricos	Alta Tasa de Carga, No Contiene Cobalto	Vida útil acotada	0,15 - 0,03
LFP (Litio Ferro-Fosfato)	Almacenamiento energético, e-bikes	Bajo Costo, Alta Vida Útil y Estabilidad Química	No Contiene Cobalto, Densidad Energética Acotada	0,12 - 0,04
LiS (Litio Sulfuro)	Drones y satélites	Alta Densidad Energética, Bajo Costo y Peso	Rápida Degradación, Baja Conductividad en el Cátodo	0,19 - 0,01
Li-Aire (Litio Aire)	Vehículos eléctricos, almacenamiento energético	Alta Densidad Energética	Baja Estabilidad Química y Electroquímica	0,19

Tabla 2.2 Principales tecnologías para cátodos

Fuente: Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera con base Cochilco

En línea con lo anterior, una de las explicaciones de porqué se considera que el mercado de vehículos eléctricos seguirá creciendo a pasos agigantados, está asociada a los objetivos de Net Zero, los cuales, se han convertido en un tema clave en la política mundial y en los debates sobre el cambio climático.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Muchos países, empresas y organizaciones han establecido metas para alcanzar la neutralidad de carbono en las próximas décadas, con el fin de limitar el calentamiento global y abordar los desafíos ambientales. La adopción de objetivos de Net Zero y la implementación de políticas y regulaciones que respalden la transición hacia una economía baja en carbono tienen un impacto significativo en la demanda de litio. Tal como se mencionaba, a medida que más países y empresas se comprometan con el "net Zero" aceleran la adopción de VE y sistemas de almacenamiento de energía, lo que se traduciría en un aumento en la demanda de litio.

Por otro lado, el litio tiene diversas aplicaciones tradicionales gracias a sus propiedades únicas. En la fabricación de vidrios y cerámicas, mejora la resistencia a los choques térmicos y reduce la temperatura de fusión, facilitando la producción. En grasas lubricantes, el hidróxido de litio ofrece alta resistencia al agua y estabilidad térmica, esenciales para aplicaciones industriales y automotrices.

El cloruro de litio se utiliza como desecante en sistemas de aire acondicionado y procesos industriales, mientras que el bromuro de litio se usa en sistemas de refrigeración por absorción.

En la producción de alúmina, el litio mejora la eficiencia del proceso y la pureza del producto final, crucial para la fabricación de aluminio. En pirotecnia, produce efectos de color rojo brillante en fuegos artificiales. Además, se utiliza en la fabricación de aleaciones ligeras y de alta resistencia, como el aluminio-litio, que se utiliza en la industria aeroespacial para reducir el peso y mejorar el rendimiento de las aeronaves.

En la industria nuclear, el litio-6 es parte del proceso de producción de tritio y se emplea como moderador en reactores nucleares.

El carbonato de litio es fundamental en el tratamiento de trastornos bipolares y otras afecciones psiquiátricas, ayuda a estabilizar el estado de ánimo y es una parte crucial del tratamiento para muchos pacientes que padecen estas condiciones.

Estas aplicaciones tradicionales muestran la versatilidad e importancia del litio en diversas industrias, más allá de su uso predominante en baterías de iones de litio.

2.1.2.1 Relación de la aplicación de la extracción directa del Litio con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La Organización de Naciones Unidas (ONU) desde hace ya algunos años lanzó una serie de metas a cumplir de forma global hacia el año 2030. Estas metas se conocen como “Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)” y son 17 en total, los cuales se representan en la Figura 2.3.



OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Figura 2.3: Objetivos de Desarrollo Sostenible

Fuente: Organización de Naciones Unidas

La extracción no convencional de Litio, a menudo denominada "Litio verde," busca minimizar los impactos ambientales y sociales asociados con los métodos tradicionales de extracción. Esta tecnología emergente tiene una relación directa con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. A continuación, se detalla cómo la extracción de litio verde ayuda y se relaciona con estos objetivos:

ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento. La extracción de Litio verde utiliza métodos innovadores como la extracción directa de Litio (DLE), que consumen significativamente menos agua que los métodos tradicionales. Estas técnicas emplean solventes selectivos y membranas, permitiendo extraer Litio de salmueras con un menor impacto hídrico. Además, algunas técnicas permiten reinyectar las salmueras agotadas de vuelta a su fuente, manteniendo el equilibrio hídrico.

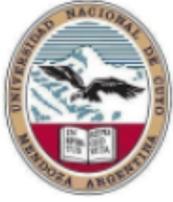
Al minimizar el uso de productos químicos tóxicos, la extracción de Litio verde reduce la contaminación de las fuentes hídricas, protegiendo acuíferos y ríos. Esto asegura que las comunidades locales tengan acceso a agua limpia y potable, y preserva la salud de los ecosistemas acuáticos.

ODS 7: Energía Asequible y No Contaminante. La producción sostenible de Litio facilita el desarrollo y la adopción de tecnologías de energía renovable, como las baterías de iones de litio, que son esenciales para el almacenamiento de energía solar y eólica. Estas baterías permiten almacenar energía de fuentes renovables de manera eficiente, haciendo posible su uso continuo incluso cuando las condiciones ambientales no son favorables (por ejemplo, durante la noche o en días nublados).

Al reducir la huella de carbono y el impacto ambiental de la extracción de Litio, se promueve una cadena de suministro más sostenible para la fabricación de baterías. Esto no solo apoya

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



la transición hacia un sistema energético más limpio y sostenible, sino que también contribuye a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura. La extracción de litio verde promueve la innovación en técnicas de extracción y reciclaje, impulsando el desarrollo de infraestructuras sostenibles y tecnologías industriales más limpias. Estas innovaciones incluyen métodos como la extracción directa de Litio (DLE) y el reciclaje eficiente de baterías, que reducen el impacto ambiental y mejoran la eficiencia de los procesos.

El desarrollo y la implementación de estas tecnologías fomentan la creación de infraestructuras industriales que son más sostenibles y menos contaminantes. Esto no solo beneficia al sector minero, sino que también impulsa la modernización de otras industrias relacionadas, promoviendo una economía circular y reduciendo los residuos.

Además, estas innovaciones tecnológicas generan nuevas oportunidades de empleo y crecimiento económico, contribuyendo a una industrialización inclusiva que puede beneficiar a diversas comunidades.

ODS 12: Producción y Consumo Responsables. La extracción y reciclaje de Litio verde fomenta patrones de producción y consumo más responsables. Utilizando técnicas más sostenibles para extraer Litio, se reduce significativamente el impacto ambiental asociado con la minería tradicional, como el uso excesivo de agua y la contaminación del suelo y las fuentes hídricas.

Estas prácticas sostenibles no solo protegen el medio ambiente, sino que también contribuyen a la conservación de recursos naturales para las futuras generaciones. En resumen, la extracción y el reciclaje de litio verde son cruciales para fomentar la producción y el consumo responsables, alineándose con el cumplimiento del ODS 12.

ODS 13: Acción por el Clima. Al minimizar la huella de carbono de la extracción de Litio, se contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al combate contra el cambio climático. Las técnicas de extracción de Litio verde, como la extracción directa de litio (DLE) y el reciclaje de baterías, son menos intensivas en energía y generan menos emisiones en comparación con los métodos tradicionales de minería.

Además, al reducir los impactos ambientales de la extracción de Litio, se protegen los ecosistemas que actúan como sumideros de carbono, como los suelos y los bosques.

ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres. La extracción de Litio verde reduce significativamente la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad asociadas con la minería tradicional.

La protección de los ecosistemas terrestres es crucial para mantener la biodiversidad, que a su vez es vital para la estabilidad ecológica y la resiliencia frente al cambio climático.



2.1.3 PROCESO DE OBTENCIÓN DEL LITIO

La obtención del Litio se lleva a cabo a partir de dos fuentes: rocas minerales y salmueras. Cada método presenta características distintas que influyen en su viabilidad económica y en su impacto ambiental.

La extracción de Litio de roca implica obtener Litio de minerales sólidos como la espodumena, la petalita y la lepidolita. Este proceso comienza con la minería, que puede ser a cielo abierto o subterránea, para extraer los minerales ricos en Litio. Una vez extraídos, los minerales se trituran y muelen para obtener un polvo fino. A continuación, se utilizan técnicas de concentración, como flotación o separación magnética, para aumentar la concentración de litio en el mineral. El concentrado obtenido se somete a tratamientos químicos, como la calcinación y la lixiviación, para convertir el litio en compuestos utilizables, como el carbonato o el hidróxido de litio. Aunque este método proporciona una alta concentración de Litio, puede ser costoso y tener un impacto ambiental significativo debido a la alteración del suelo y la generación de residuos.

La extracción a partir de salmueras aplicando la DLE es una tecnología probada, con proyectos establecidos y en producción en China y Sudamérica. En una operación DLE, la salmuera se bombea a una unidad de procesamiento donde se utiliza una resina o material de adsorción para extraer solo el litio de la salmuera, mientras que la salmuera gastada se reinyecta en los acuíferos de la cuenca o se distribuye en la superficie del salar.

La reinyección de salmuera en el acuífero es un diferenciador medioambiental crucial entre el proceso DLE y otros productores de litio que utilizan procesos de lagunas de evaporación. La principal ventaja en todos estos métodos es el tiempo de extracción, que es de horas en lugar de los 12 a 18 meses requeridos por la evaporación.

Otro aspecto importante a considerar es el enorme volumen de salmuera que debe tratarse en la evaporación. A concentraciones típicas de 500 a 1000 mg por litro de litio, para extraer una tonelada de litio (o 5 toneladas de carbonato de litio equivalente, LCE) deben evaporarse entre 1000 y 2000 metros cúbicos de salmuera, o sea, del orden del millón de litros de salmuera. Además, este proceso demanda enormes superficies (miles de hectáreas) y largos tiempos de evaporación. Los métodos de extracción directa, además de rápidos, tienen menor consumo de agua; no dependen de condiciones climáticas ni de la composición de la salmuera, tienen alto rendimiento (70-90%) y, en general, tienen menor efecto sobre el medio ambiente.

En la Figura 2.4 podemos observar el volumen de agua utilizada en el método evaporítico y la disminución de este volumen aplicando la DLE.



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”

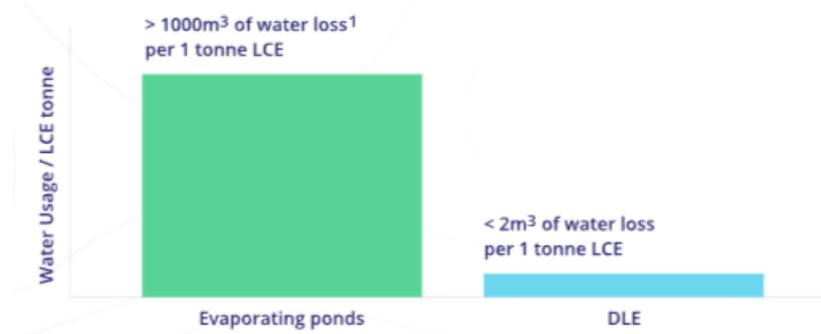


Figura 2.4 Volumen de agua utilizada en ambos procesos
 Fuente: Clean Tech Lithium

Aspecto	Extracción de Roca	Extracción de Salmuera
Tecnologías Utilizadas	Minería a cielo abierto o subterránea. Trituración y molienda. Filtración y separación magnética. Calcinación y lixiviación.	Bombeo de salmuera. Nanofiltración. Pretratamiento. Procesamiento químico final.
Disponibilidad	Se realiza en depósitos de minerales sólidos específicos (espodumena, petalita, lepidolita). Requiere grandes reservas de minerales.	Se realiza en salares. Depende de la concentración de Litio en la salmuera.
Nivel de emisiones	Emisiones significativas de gases y polvo. Consumo elevado de agua. Generación de residuos sólidos y líquidos.	Emisiones bajas en comparación con métodos tradicionales. Menor consumo de agua. Menor generación de residuos sólidos.

Tabla 2.3 Comparación entre los distintos tipos de extracción
 Fuente: Elaboración propia

2.1.3.1 PROCESO DE EXTRACCIÓN - NANOFILTRACIÓN

La nanofiltración para la obtención de Litio verde es una tecnología avanzada que permite la recuperación eficiente y selectiva de Litio de soluciones acuosas. Este método se basa en el uso de membranas con poros de tamaño nanométrico, capaces de filtrar selectivamente los iones de Litio, separándolos de otros iones presentes en la solución.



Las membranas utilizadas en la nanofiltración pueden estar compuestas de diversos materiales, incluyendo geles de poliacrilamida con grupos cargados (como sulfonato o amonio cuaternario) y estructuras metal-orgánicas (MOF).

Los poros de estas membranas tienen tamaños específicos que permiten la filtración selectiva. Por ejemplo, las MOF tienen canales del orden de un nanómetro, lo que permite el paso exclusivo de iones de litio desnudos ($r_{Li^+} = 0,12nm$), mientras que los iones hidratados ($r_{Li(H_2O)_4^+} = 0,74nm$) son excluidos.

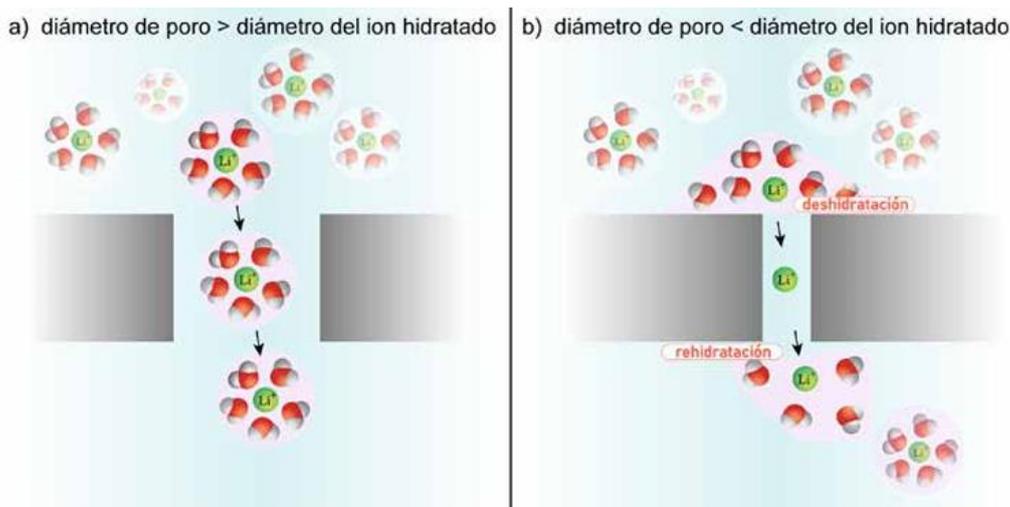


Figura 2.5 Comparación de la permeación de iones litio a través de poros en una membrana de intercambio iónico con diámetro de poro mayor al de ion litio hidratado $Li(H_2O)_4^+$ (a) y a través de MOF con desolvatación en poro con diámetro menor que el de $Li(H_2O)_4^+$ (b).

Fuente: Ernesto Julio Calvo - Conicet

Proceso de Separación:

Nanofiltración: La solución acuosa que contiene litio y otros iones, como magnesio, se pasa a través de una membrana de nanofiltración. Gracias al tamaño de los poros y a la química de la membrana, el ion litio, más pequeño y sin su capa de hidratación, atraviesa la membrana, mientras que los iones más grandes son retenidos.

Selectividad: La capacidad de las membranas para discriminar entre diferentes iones se basa en el tamaño de los poros y la química superficial. Las membranas de intercambio iónico con grupos cargados presentan mayor tamaño de poros que los iones hidratados, mientras que las MOF, con canales más pequeños, permiten solo el paso de los iones litio sin hidratar. La eficiencia del proceso se ve incrementada por la continua operación en una sola etapa, eliminando la necesidad de etapas adicionales de captura y liberación de litio.

A diferencia de métodos que requieren múltiples etapas, la nanofiltración permite la extracción de litio en un solo paso continuo.

Las membranas pueden ser diseñadas para ser altamente selectivas al litio, minimizando la contaminación por otros iones.

La operación a bajas presiones y la naturaleza unitaria del proceso contribuyen a una menor demanda energética comparada con otros métodos de extracción.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



2.2 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE MERCADO

Uno de los aspectos más importantes en la elaboración de proyectos, es el análisis del mercado en el que se va a ofrecer el producto, ya que, un conocimiento adecuado del mismo permite evaluar las posibilidades de éxito del bien o servicio evaluado. Es necesario estar alerta a las exigencias y expectativas del mercado, más aún en una época de globalización y de alta competitividad de productos como la que se vive actualmente.

Cualquier proyecto que se esté evaluando debe tener un estudio de mercado que le permita saber en qué medio habrá de moverse, pero sobre todo si las posibilidades de venta son reales y si los bienes o servicios podrán colocarse en las cantidades pensadas, de modo tal que se cumplan los propósitos y objetivos propuestos.

El estudio de mercado que se presenta en este capítulo se realiza a través de un estudio conjunto de investigaciones sobre: la competencia, clientes, demanda, oferta, características del entorno, canales de distribución, lugares de venta del producto, precios, promoción, etc.

2.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO

Los principales objetivos de este capítulo son:

- Analizar el mercado de las materias primas y demás insumos indispensables para el proceso productivo.
- Estudiar el mercado competidor, es decir, a todas las empresas que forman parte de la industria en la que se llevará a cabo el proyecto.
- Comprender las características del medio externo o internacional que pueden influir el desempeño del proyecto.
- Caracterizar al usuario o consumidor potencial del producto gracias a una previa segmentación del mercado.
- Aportar información para colaborar con la delimitación del área geográfica que va a ser atendida por el proyecto.
- Estimar el comportamiento futuro de la demanda y de la oferta de Litio.
- Colaborar con la determinación de la cantidad de producto que los clientes estarán dispuestos a adquirir.
- Estimar el precio del Litio al cual los consumidores estarán dispuestos a adquirirlo.

2.4 MERCADO CONSUMIDOR

2.4.1 CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO

El mercado del Litio está caracterizado por una creciente demanda global, que ha llevado a un aumento significativo en la producción y exploración de nuevas fuentes de litio. Los principales productores de litio incluyen países como Australia, Chile, China y Argentina.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Australia se destaca por su extracción de litio a partir de minerales (espodumena), mientras que Chile y Argentina son conocidos por sus vastas salinas que permiten la extracción de litio a partir de salmueras.



Distribución territorial.
Promedio 2010-2022,
principales destinos



Figura 2.6 Distribución territorial

Fuente: Informe Sectorial Litio Argentina

Con la creciente demanda de tecnologías limpias y la transición hacia una economía baja en carbono, el mercado del litio verde está cobrando una importancia cada vez mayor.

La transición energética es una prioridad en la agenda de las principales economías mundiales, impulsada tanto por la necesidad de mitigar el cambio climático como por el desarrollo de nuevos sectores económicos. La ratificación del Acuerdo de París por más de 180 naciones subraya la relevancia de esta agenda a nivel internacional. En este contexto, la exploración de alternativas sostenibles y el uso de nuevos combustibles forman parte central de las políticas energéticas de muchos países.

El principal impulsor de la demanda de litio verde es la electrificación del transporte y la necesidad de baterías recargables eficientes y sostenibles. Los vehículos eléctricos (VE) dependen en gran medida de las baterías de iones de litio, que requieren litio producido de manera sostenible para reducir la huella de carbono total del vehículo. Además, el almacenamiento de energía a gran escala, crucial para gestionar la intermitencia de las energías renovables como la solar y la eólica, también impulsa la demanda de litio verde.

La producción de litio está geográficamente deslocalizada, con grandes reservas en países como Australia, Chile, Argentina y China. Estas localizaciones cuentan con ventajas competitivas debido a la abundancia de recursos naturales y la disponibilidad de terrenos para la extracción. Sin embargo, la sostenibilidad de los métodos de extracción es una preocupación creciente. Países con gran potencial de producción de litio verde, como Chile y Argentina, están implementando prácticas más sostenibles y tecnologías avanzadas para minimizar el impacto ambiental.

Actualmente, se están formando alianzas geográficas para el desarrollo de la producción de litio verde. Europa, con su alto consumo de litio y territorio limitado, está colaborando con



países que tienen un gran potencial de producción, como los de América del Sur. Por otro lado, Alemania está impulsando programas conjuntos con Chile para garantizar un suministro sostenible y competitivo de litio.

El mercado del litio verde está en expansión, impulsado por la demanda de tecnologías limpias y la transición hacia una economía baja en carbono. Con la implementación de prácticas sostenibles y el desarrollo de tecnologías avanzadas, el litio verde se posiciona como un componente clave en la transición energética global. Las alianzas internacionales y la innovación continua serán cruciales para asegurar un suministro sostenible y competitivo de este mineral esencial.

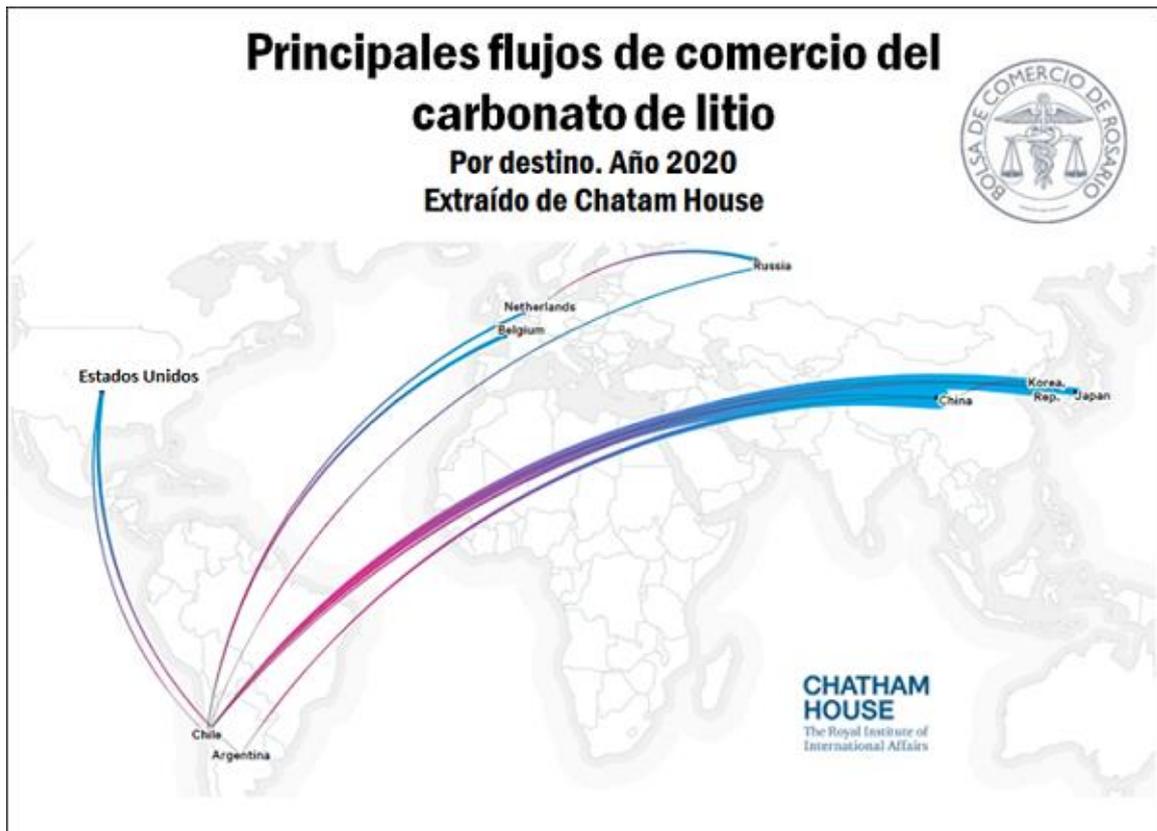


Figura 2.7 Flujos de comercio del carbonato de Litio

Fuente: Bolsa de comercio de Rosario

2.4.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

2.4.2.1 DEMANDA GLOBAL

La demanda la expresaremos en términos de carbonato de litio, el cual ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años, impulsado principalmente por la adopción masiva de vehículos eléctricos y el incremento en la capacidad de almacenamiento de energía renovable. Según varias proyecciones, se espera que la demanda continúe creciendo a tasas significativas en la próxima década.



Utilizando datos obtenidos de la Agencia Internacional de Energía (AIE), la ONU Comercio y Desarrollo (UNCTAD) proyecta que la demanda de litio podría aumentar en más de un 1.500% de aquí a 2050.

Como se observa en la Figura 2.8 están categorizados los principales usos del litio, donde vemos que la participación de compuestos de litio empleados en la fabricación de vehículos eléctricos ha ganado preponderancia a través del tiempo para convertirse en el principal uso del litio. Para el año 2023 se estima que el 66% de la demanda sea utilizada para la fabricación de baterías para VE.

En esa misma dirección apuntan las proyecciones dando un escenario donde se utilizará hasta el 74% para dicha industria. La justificación de esto radica en que las ventas globales de vehículos eléctricos crecieron de 6,4 millones en 2021 a 10,1 millones en 2022 (+60%) y se estima alcanzarán los 13,8-14,5 millones en 2023 (~50%), un crecimiento de 4 millones de vehículos eléctricos. El requerimiento de litio por parte los vehículos eléctricos es tal que se calcula que por cada millón de vehículos eléctricos se consumen alrededor de 40-50 mil toneladas de carbonato de litio equivalente. En este sentido, durante el 2022, el consumo de LCE en vehículos eléctricos ha crecido en 150-200 mil toneladas.

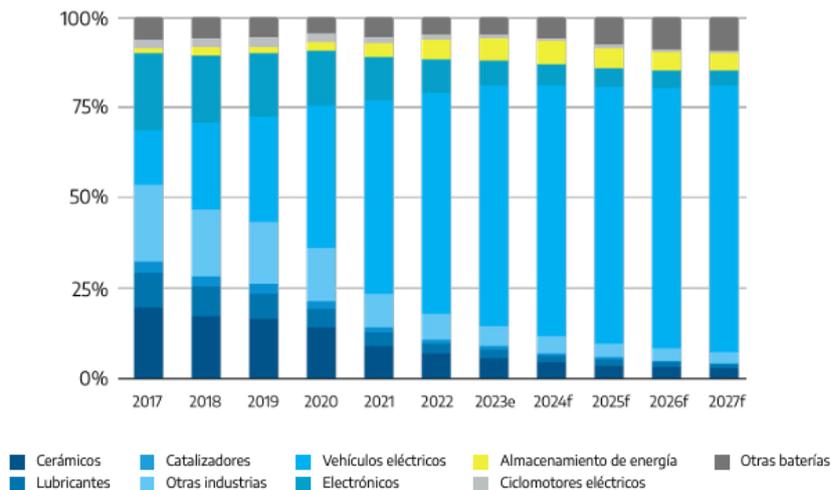


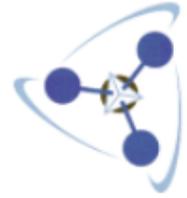
Figura 2.8 Proyección Usos del Litio

Fuente: Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera con base a S&P

2.4.2.1.1 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA GLOBAL

Al 2050, las matrices energéticas y economías del mundo serán significativamente más verdes. La disminución proyectada de los costos de producción y tecnologías de extracción sostenibles, junto con la necesidad de descarbonizar todos los sectores de las economías, impulsarán un mercado global del litio verde y sus aplicaciones.

Los expertos predicen una recuperación del precio del litio, con un promedio de alrededor de 45.000 dólares por tonelada métrica de 2023 a 2030, en línea con el aumento esperado de la



demanda. En la Figura 2.9 podemos ver expresada la proyección de demanda mundial de Litio hasta el año 2035, expresada en miles de toneladas métricas de Carbonato de Litio.

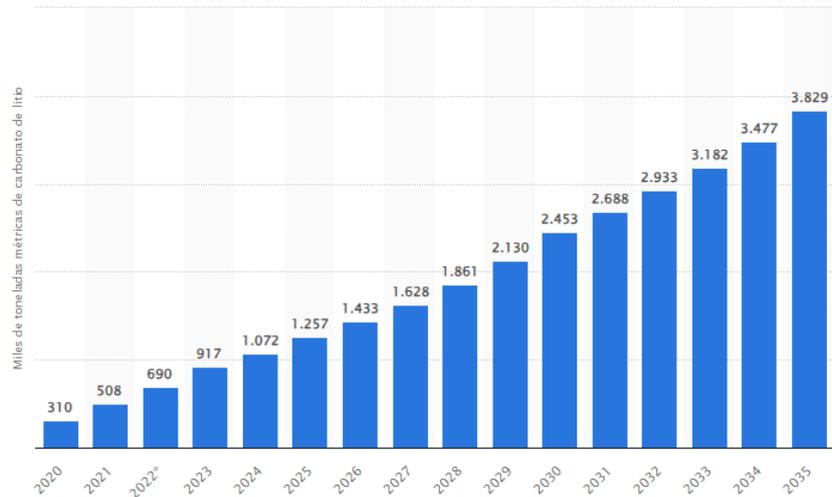


Figura 2.9 Proyección de la demanda mundial de Litio hasta el año 2035
Fuente: Statista

2.4.2.2 DEMANDA REGIONAL

Según los datos más recientes, América Latina posee el 60% de todos los recursos de litio identificados en el mundo. Estos se encuentran principalmente en Bolivia, Argentina y Chile, a veces denominados como el "triángulo de litio".

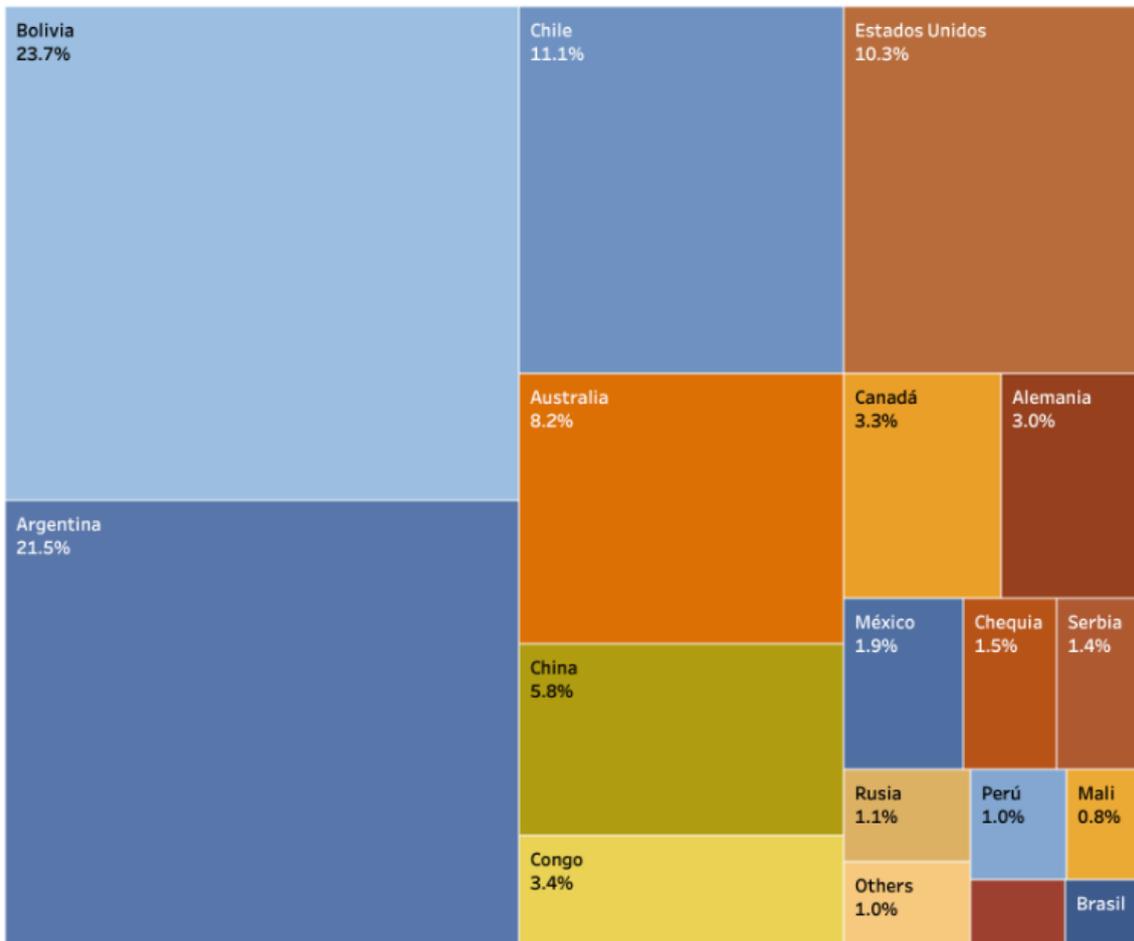
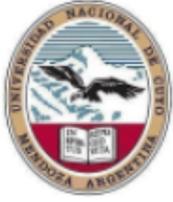


Figura 2.10 Porcentaje del mineral Litio en distintos países
Fuente: Servicio Geológico de EE.UU (2022)

De los países de la región, Chile es el que más ha avanzado en su extracción y exportación. Se posiciona como segundo productor global (22 %), por detrás de Australia (48,8 %) y seguido por China (17,1 %). Argentina produce el 7,6 % del total mundial y es el segundo exportador de carbonato de litio (14 %) después de Chile (58 %). Brasil (2,3 %) tiene una participación menor en la producción global.

Bolivia, que es el país con más recursos de litio del mundo, se encuentra principalmente en una fase exploratoria de producción. Tanto Perú como México se encuentran en un proceso de reconocimiento de los recursos y proyección de su explotación. La producción de litio en estos países requiere de un proceso de separación de otros productos, como arcilla y uranio.

En Argentina, se están desarrollando varios proyectos de extracción directa de litio en la provincia de Salta. Este método de obtención mejora la eficiencia de la producción al acortar significativamente los tiempos de procesamiento, y extrae alrededor del 90% del litio en comparación con el 30-50% que se obtiene con el uso de métodos evaporíticos en las plantas tradicionales.



Planta Centenario

Eramet está construyendo una planta de extracción directa de litio en Centenario (Salta), que se espera que comience a producir en noviembre de 2024. Este proyecto es un paso importante en la estrategia de Eramet para producir metales para la transición energética.

Planta piloto de Tecpetrol

Tecpetrol está operando una planta piloto de extracción directa de litio en Olacapato (Salta), que comenzó a funcionar en febrero de 2022. Esta planta es la primera de su tipo en Latinoamérica y utiliza salmueras de distintos salares para probar la tecnología de extracción directa.

El objetivo final de la planta piloto es escalar la tecnología DLE a nivel industrial. Actualmente, la planta tiene una capacidad de 25 t/año de LCE (carbonato de litio equivalente) y puede procesar alrededor de 1000 litros de salmuera por hora.

Yacimiento Centenario-Ratones

Este yacimiento, ubicado a 3.900 metros sobre el nivel del mar, es uno de los cinco proyectos en construcción que podrían comenzar a producir hasta 2026. Si estos proyectos se ponen en marcha, la producción argentina de litio podría aumentar hasta las 250.000 toneladas totales.

2.4.2.2.1 PROYECCIÓN HACIA EL 2030

Algunos países de América Latina tienen el potencial de producir más litio del que pueden consumir, gracias a sus vastas reservas en salares y recursos naturales. De aquí a 2030, Argentina aspira a consolidarse como uno de los principales productores y exportadores de litio verde a nivel global, aprovechando su capacidad de extracción eficiente y sostenible. La región está bien posicionada para convertirse en un líder mundial en la producción de litio, vital para la transición energética y el desarrollo de tecnologías limpias.

Actualmente, la región tiene un gran potencial para consolidarse en el futuro del mercado de litio verde. Durante la próxima década, será crucial enfocar los esfuerzos en apoyar la investigación y el desarrollo, los proyectos piloto y la expansión inicial de tecnologías de extracción y procesamiento sostenible. Establecer programas de certificación y garantías de origen internacionalmente reconocidos, así como coordinar mecanismos con futuros socios comerciales, permitirá a Argentina, aprovechar las oportunidades emergentes en el mercado global y asegurar su posición como líder en la producción de litio verde y sus derivados.

En cuanto a la demanda por tipo de compuesto, puede concluirse, que al igual que en la producción, la misma va a migrar de carbonato a hidróxido de litio, en los próximos 10 años. La preferencia por tecnologías que poseen una mayor densidad energética (NCM) explica el incremento futuro en el consumo de hidróxido de litio.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024

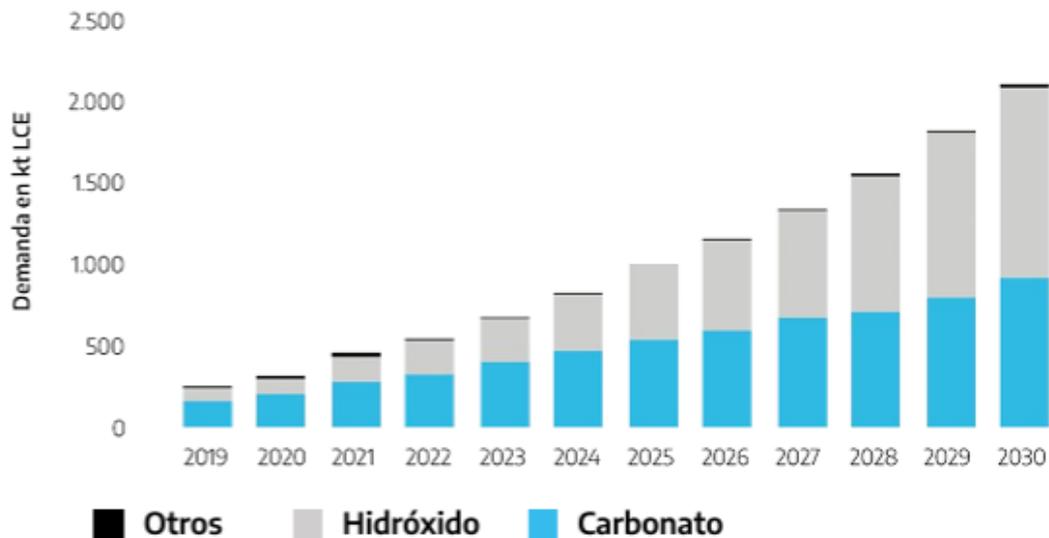


Figura 2.11 Proyección demanda de Litio por tipo de compuesto
Fuente: Dirección de Economía Minera en base Cochilco

2.4.2.3 DEMANDA NACIONAL

Según la Secretaría de Minería Argentina, la demanda de litio de Argentina ascendió a 80,000 toneladas de equivalente de carbonato de litio (LCE) en 2024. Este número refleja el crecimiento significativo en la demanda de litio debido a la expansión en la producción de baterías para vehículos eléctricos y almacenamiento de energía renovable.

La demanda nacional de litio en Argentina está proyectada a seguir creciendo en los próximos años. A medida que se intensifican los esfuerzos para aumentar la producción de vehículos eléctricos y el almacenamiento de energía renovable, se espera que la necesidad de litio continúe en ascenso.

El crecimiento de la demanda está estimulando inversiones en infraestructura minera y tecnológica en Argentina. Los proyectos de extracción y procesamiento están recibiendo apoyo para expandir la capacidad de producción y mejorar la sostenibilidad ambiental. Estas inversiones no solo buscan satisfacer la demanda interna, sino también posicionar a Argentina como un actor clave en el mercado global de litio.

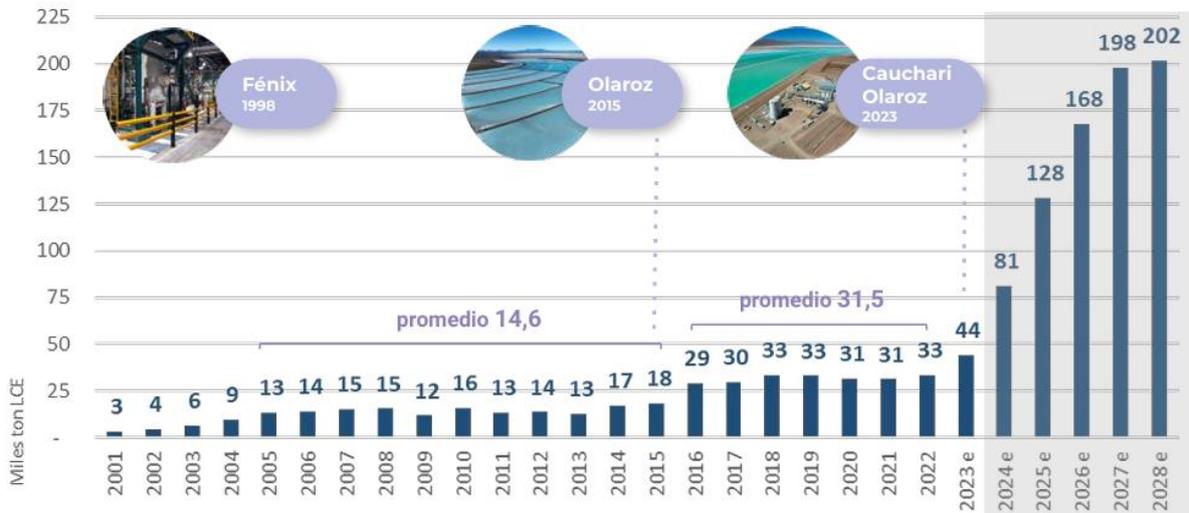


Figura 2.12 Proyección demanda de Litio en Argentina
Fuente: Secretaría de Minería y datos de las empresas

2.5 MERCADO PROVEEDOR

El mercado de proveedores de litio está dominado por unos pocos países y empresas clave que controlan la mayor parte de la producción global. Este mercado está impulsado por la creciente demanda de litio para baterías de vehículos eléctricos (VE), almacenamiento de energía renovable y dispositivos electrónicos.

Los tres mayores productores de este metal en todo el mundo se encuentran en tres continentes diferentes. Australia lidera con creces en producción minera de litio, con 86.000 toneladas en 2023, según los datos del Servicio Geológico de Estados Unidos. En segundo lugar, con 44.000 toneladas, se sitúa Chile, cuyo territorio también alberga las más grandes reservas de litio del mundo, estimadas en 9,3 millones de toneladas. La minería china se ubica en tercer lugar, con una producción de 33.000 toneladas, seguida por Argentina, que produjo 9.600 toneladas de litio el año pasado.



Figura 2.13 Mayores productores de Litio
Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos

2.5.1 RECURSOS ARGENTINOS

En el norte del territorio argentino se asienta una de las mayores reservas litíferas del planeta, lo que ubica a nuestro país en el cuarto lugar entre los principales productores de litio a escala global. Conforman, junto a Chile y Bolivia el denominado Triángulo del Litio, en cuya geografía sobresalen el Salar de Hombre Muerto de nuestro país, el de Atacama, en Chile y el de Uyuni, en Bolivia.

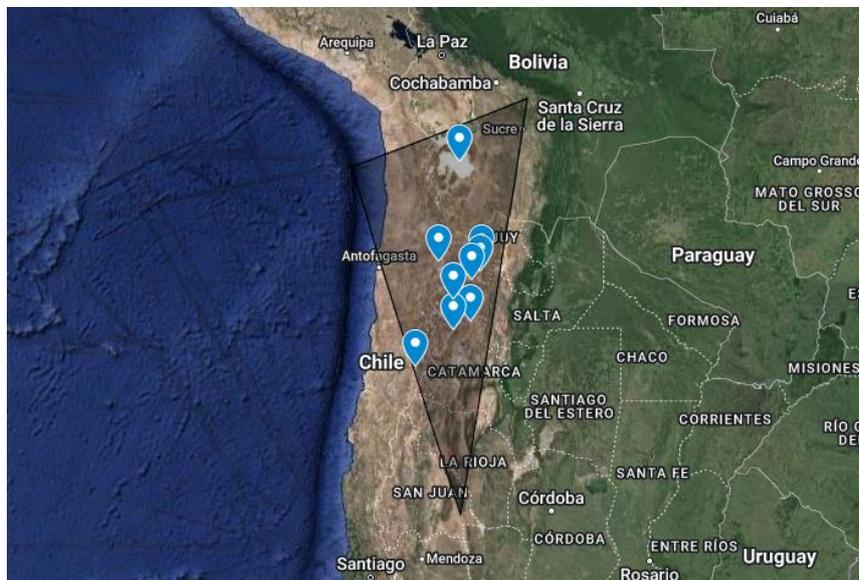


Figura 2.14 Triángulo del Litio
Fuente: Google Maps



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Con más de 870.000 hectáreas disponibles para explotación, según datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), las reservas nacionales de litio se concentran en tres provincias: Catamarca (Salar de Hombre Muerto, Salar de Antofalla), Salta (Salar del Rincón) y Jujuy (Salar de Olaroz, Salar de Cauchari). Se estima que allí se encuentra entre el 10% y 12% del total de las reservas del mundo.

A continuación, se detalla una posible zonificación y caracterización de las áreas relevantes para la extracción de Litio en nuestro país:

Provincia de Catamarca: La provincia de Catamarca, ubicada en el noroeste de Argentina, es una región de gran importancia en el contexto de la extracción de litio. Es una de las principales zonas de producción de este mineral en el país, debido a la presencia de importantes salares que contienen grandes reservas de litio, entre ellos: el **Salar del Hombre Muerto** y el **Salar de Antofalla**.

Salar del Hombre Muerto: Es uno de los depósitos de litio más antiguos y conocidos en Argentina. Aquí, empresas multinacionales como Livent Corporation han establecido operaciones para la extracción de litio. El salar es considerado uno de los más ricos en cuanto a concentración y pureza de litio.

Salar de Antofalla: Este salar también cuenta con importantes reservas de litio, y es objeto de exploración y desarrollo por parte de diversas empresas del sector minero.

Provincia de Salta: Salta es una provincia de gran diversidad geográfica que incluye desde montañas y valles hasta llanuras y zonas desérticas. La región de la Puna, que es la más árida y de mayor altitud, es donde se encuentran los salares ricos en litio.

En Salta, el litio se extrae principalmente del **Salar del Rincón** y otros salares menores en la región de la Puna.

Salar del Rincón: Este salar es uno de los yacimientos de litio más importantes de Salta. Aquí, varias empresas están desarrollando proyectos de extracción de litio a partir de salmueras. Los estudios indican que el Salar del Rincón posee reservas significativas, lo que lo convierte en un objetivo clave para la expansión de la producción de litio en Argentina.

Provincia de Jujuy: Jujuy es una provincia con una geografía diversa que incluye desde las altas montañas de la Cordillera de los Andes hasta valles y quebradas.

Jujuy alberga dos de los salares más importantes para la extracción de litio en Argentina: el **Salar de Olaroz** y el **Salar de Cauchari**.

Salar de Olaroz: Este salar es una de las principales fuentes de litio en la provincia. La empresa Orocobre, en conjunto con Toyota Tsusho y la estatal jujeña JEMSE (Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado), ha desarrollado un proyecto de extracción de litio en esta área. El proyecto Olaroz es conocido por ser uno de los mayores yacimientos de salmuera de litio en operación en el mundo.

Salar de Cauchari: Situado cerca del Salar de Olaroz, el Salar de Cauchari es otro importante yacimiento de litio. Aquí, se están llevando a cabo proyectos de explotación por parte de **DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel**

Año 2024



empresas como Lithium Americas y Ganfeng Lithium. Las reservas de litio en Cauchari son significativas y complementan las operaciones en Olaroz.

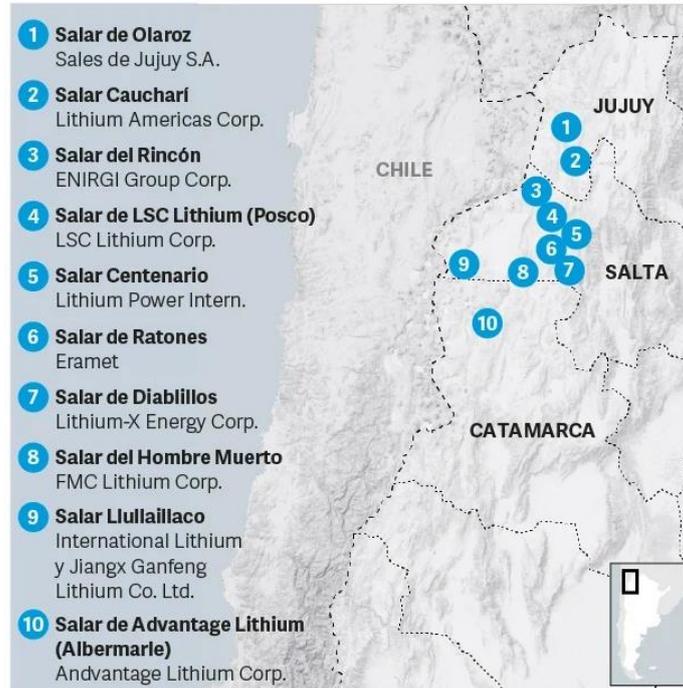


Figura 2.15 Principales lugares de explotación en el país
Fuente: AFP - Dirección de Economía Minera

2.6 MERCADO COMPETIDOR

El mercado del litio verde, especialmente el que se extrae de salmueras mediante métodos de extracción directa (DLE) como la adsorción y la nanofiltración, está emergiendo como una alternativa más sostenible y eficiente frente al método convencional de evaporación solar, que actualmente domina el mercado.

Competencia Directa

Extracción Directa con Solventes Selectivos: Esta tecnología también forma parte del DLE y tiene una participación de mercado similar al método combinado de adsorción, representando alrededor del 5-15% del mercado total de litio.

Competencia Indirecta

Métodos Convencionales (Evaporación Solar): A pesar de ser menos eficientes y más perjudiciales para el medio ambiente, los métodos de evaporación solar siguen dominando el mercado, representando aproximadamente un 70-80% del litio extraído de salmueras. Sin embargo, su impacto ambiental, incluyendo un elevado consumo de agua y emisiones de CO₂, está generando un cambio hacia métodos más sostenibles como DLE.

Competencia Potencial

Tecnologías Emergentes: La extracción de litio mediante intercambio de iones y biomembranas son tecnologías emergentes que todavía no tienen una participación

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



significativa en el mercado, pero están siendo investigadas activamente debido a su potencial para ofrecer mayores eficiencias y menores costos en el futuro.

La tecnología DLE basada en adsorción y nanofiltración permite recuperar entre un 80% y 95% del litio de las salmueras, lo que es significativamente superior al 20-40% de recuperación del método convencional.

Los costos actuales para la producción de litio verde varían entre 3500 y 4000 U\$S/tn, siendo más elevados que los métodos convencionales pero con una proyección de reducción significativa en los próximos años a medida que la tecnología se escala y mejora.

Con la continua investigación y desarrollo, se espera que los costos asociados a las tecnologías DLE disminuyan, permitiendo que el litio verde sea una opción competitiva en el mercado global de litio.

2.6.1 ESTIMACIONES FUTURAS

El impacto del litio verde en el comercio mundial de energía debe evaluarse en el contexto de la transición hacia tecnologías más limpias y sostenibles. A medida que el mundo se aleja de las fuentes de energía convencionales y aumenta la demanda de vehículos eléctricos y almacenamiento de energía, el litio se convertirá en un recurso crítico para las economías globales.

La transición de los métodos tradicionales de extracción de litio, como la evaporación solar, hacia técnicas más avanzadas como la adsorción directa y la nanofiltración, no solo incrementará la eficiencia y sostenibilidad del proceso, sino que también alterará la geografía y la dinámica del comercio de litio. Como resultado, es probable que el valor del comercio de litio crezca exponencialmente, impulsado por la demanda global de baterías de alta eficiencia y bajo impacto ambiental. Además, el litio producido mediante métodos verdes podría convertirse en un estándar preferido en mercados que priorizan la sostenibilidad, creando un mercado dual: uno para el litio convencional y otro para el litio verde, con una posible primacía en regiones con estrictas normativas ambientales.

Las relaciones comerciales energéticas también podrían regionalizarse, con el litio verde produciéndose y distribuyéndose localmente en áreas con acceso a tecnologías avanzadas de extracción y procesamiento. Esto podría transformar el mapa geopolítico y dar lugar a nuevos centros de poder en el comercio de recursos esenciales para la transición energética.

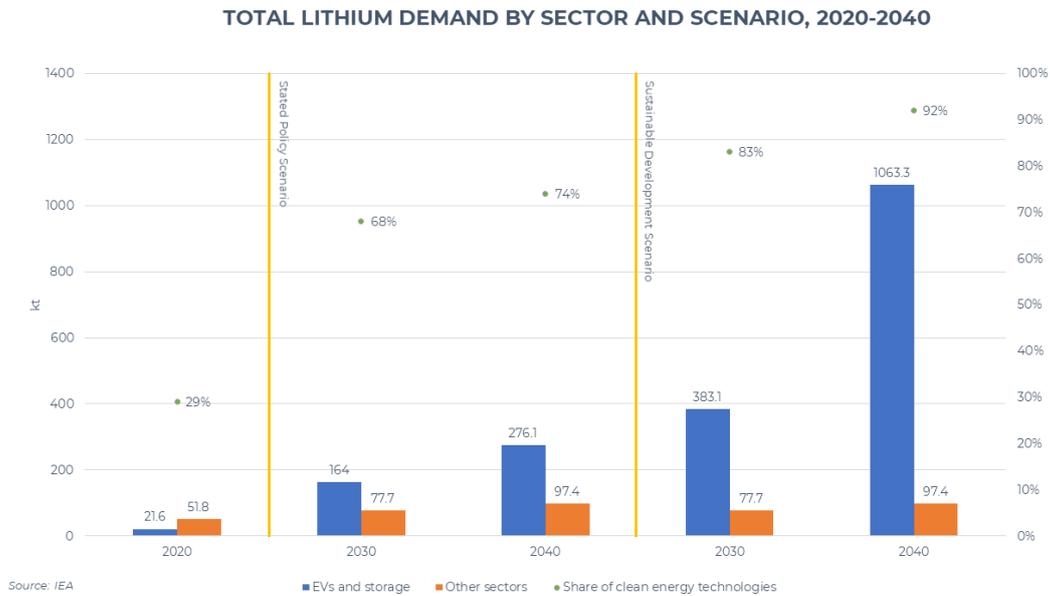


Figura 2.16 Demanda total de litio por sector y escenario, 2020-2040
Fuente: IEA, International Energy Agency (2021)

Según la Agencia Internacional de Energía, la demanda total de litio alcanzará más de 1100 mil toneladas para el año 2040 en el escenario de desarrollo sostenible, en comparación con la demanda actual de más de 70 mil toneladas. Se estima que los principales consumidores de recursos de litio serán los vehículos eléctricos (EVs) y las soluciones de almacenamiento.

2.7 MERCADO DISTRIBUIDOR

2.7.1 ALMACENAMIENTO DE LITIO

El almacenamiento de carbonato de litio, una de las formas más comunes de este mineral utilizado en la industria, especialmente en la fabricación de baterías, presenta una serie de desafíos y consideraciones técnicas que son fundamentales para garantizar la integridad del material y la seguridad de las operaciones. A diferencia de otros materiales, el carbonato de litio es un polvo cristalino que requiere condiciones específicas de almacenamiento para evitar su degradación y asegurar su calidad a lo largo del tiempo.

2.7.1.1 Contenedores Herméticos

El carbonato de litio es generalmente almacenado en contenedores herméticos y resistentes a la humedad, como tambores de acero inoxidable o plástico de alta densidad, para evitar su exposición al aire y a la humedad, factores que pueden causar la absorción de agua y, por ende, la formación de hidróxido de litio (LiOH), lo que compromete sus propiedades. Además, la estabilidad del carbonato de litio puede verse afectada por las temperaturas extremas, por lo que es crucial mantener el material en un ambiente controlado, con una temperatura ideal entre 15°C y 25°C y una humedad relativa por debajo del 60%.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Figura 2.17 Contenedor Hermético
Fuente: BENWEI

2.7.1.2 BigBags

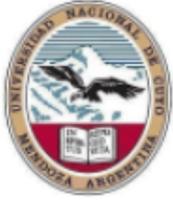
Para aplicaciones industriales a gran escala, se han implementado soluciones que incluyen el uso de **big bags** o contenedores a granel intermedios (IBC) que permiten el almacenamiento de grandes cantidades de material mientras se minimiza el riesgo de contaminación y degradación. Estos contenedores están diseñados para ser manejados de manera segura con equipos mecánicos, lo que reduce la exposición del personal al polvo del carbonato de litio, que puede ser irritante.



Figura 2.18 BigBags
Fuente: Todo Jujuy

2.7.2 TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE CARBONATO DE LITIO

El transporte y distribución del carbonato de litio, un material clave en la industria, especialmente en la producción de baterías, requiere consideraciones específicas para asegurar la integridad del material y la seguridad durante su manipulación. A diferencia de otros materiales, el carbonato de litio es un polvo cristalino que debe ser transportado bajo condiciones controladas para evitar su degradación y contaminación.



2.7.2.1 Transporte por carretera

El transporte por carretera es el método más común y extendido para mover el litio en América Latina, especialmente debido a la geografía y la infraestructura de la región. Este proceso es fundamental para asegurar que el mineral extraído en las zonas mineras llegue de manera eficiente y segura a los puertos de exportación o a los centros de procesamiento. La cadena de suministro que comienza en las minas de litio, ubicadas principalmente en zonas remotas, depende en gran medida de una red de transporte terrestre bien coordinada y especializada.



Figura 2.19 Camión Cisterna
Fuente: Litio Argentina

2.7.2.2 Transporte por ferrocarril

El transporte por ferrocarril representa una alternativa más eficiente y sostenible que el transporte por carretera, especialmente para cubrir largas distancias en la distribución del litio en América Latina. Este método de transporte es particularmente útil en países donde la infraestructura ferroviaria está bien desarrollada y conectada a las principales zonas mineras y puertos de exportación. A través de vagones cisterna especialmente diseñados, el mineral es trasladado desde las áreas de extracción hasta los centros de procesamiento o puertos, asegurando un flujo continuo y seguro de este recurso estratégico.

Ventajas del Transporte por Ferrocarril

1. Eficiencia en Largas Distancias: el ferrocarril es especialmente ventajoso para el transporte de litio a lo largo de distancias extensas, ya que puede mover grandes volúmenes de material en un solo viaje, reduciendo significativamente los costos logísticos en comparación con el transporte por carretera. Este método es particularmente eficiente en países con vastas extensiones geográficas, donde las minas de litio se encuentran a cientos o incluso miles de kilómetros de los puertos de exportación o plantas de procesamiento.

2. Capacidad de Carga: Los trenes pueden transportar una mayor cantidad de litio en cada viaje en comparación con los camiones, lo que resulta en una disminución del número total de viajes necesarios para mover el mismo volumen de material. Los vagones cisterna utilizados para el transporte de litio están diseñados para maximizar la capacidad de carga y proteger el mineral de factores ambientales que podrían afectar su calidad.



3. Reducción del Impacto Ambiental: El transporte ferroviario es más sostenible desde el punto de vista ambiental, ya que genera menos emisiones de gases de efecto invernadero por tonelada de material transportado en comparación con el transporte por carretera. Esta característica es especialmente importante en la industria del litio, que está estrechamente vinculada a la transición hacia energías limpias y la reducción de la huella de carbono.



Figura 2.20 Transporte Ferroviario
Fuente: Litio Argentina

2.7.2.3 Transporte marítimo

El transporte marítimo es el método más eficiente y económicamente viable para trasladar grandes volúmenes de litio a largas distancias, especialmente desde los puertos de América Latina hasta los mercados internacionales. Dada la naturaleza del litio como un material valioso y de alta demanda en la industria global, el transporte marítimo juega un papel crucial en la cadena de suministro al conectar las principales zonas productoras con las regiones consumidoras alrededor del mundo.

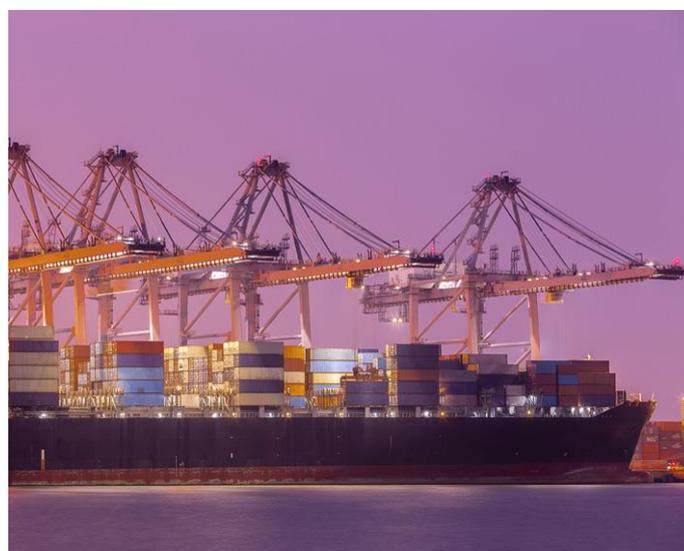


Figura 2.21 Transporte Marítimo
Fuente: SQM Litio



3. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

3.1 PROCESO DE EXTRACCIÓN DIRECTA

El proceso de extracción directa de Litio consiste en bombear la salmuera y extraer el litio, lo que permite luego devolver la salmuera restante al medio del cual fue obtenida.

Existen por lo menos, tres tipos de familias:

La primera “Adsorción”, donde las moléculas de cloruro de litio en el agua de la salmuera se adsorben físicamente en el solvente y luego se separan con un agente precipitante.

La segunda llamada “Intercambio Iónico”, en donde los iones de litio en el agua de salmuera se absorben en material iónico sólido, y luego se intercambian por otro ion positivo.

La tercera “Extracción de solvente”, que funciona a través de una fase líquida con propiedades absorbentes o de intercambio iónico para eliminar el cloruro de litio o los iones de litio de la salmuera.

Estos métodos suponen la reinyección de la salmuera libre de litio nuevamente al salar.

3.1.1 COMPONENTES GENERALES DEL PROCESO

Independientemente del tipo de tecnología, todas cuentan con 5 componentes básicos:

Bomba de extracción de agua del salar

Para extraer el agua del salar para el proceso productivo de extracción directa de carbonato de litio, se recomienda el uso de bombas sumergibles centrífugas o bombas de pozo profundo, dependiendo de la profundidad y las características del salar.

Elegimos una bomba centrífuga sumergible para nuestro proyecto de extracción de agua del salar, lo que hace de esta opción la más eficiente y adecuada. Este tipo de bomba permite un caudal constante y estable, esencial para el proceso productivo, y su diseño es ideal para operar en medios acuosos con altas concentraciones de sal, gracias a su resistencia a la corrosión. Además, es fácil de mantener y operar, lo que reduce costos operativos a largo plazo y garantiza un flujo de agua continuo para la extracción directa de litio.

Adsorbedor

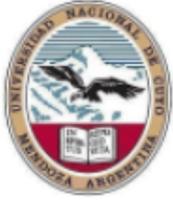
Este equipo se utiliza para extraer litio de la salmuera en el proceso de extracción directa. El lecho es permeable para permitir el paso de la salmuera mientras adsorbe selectivamente el cloruro de litio, separando otros iones no deseados. El material dentro del lecho está optimizado para capturar litio de forma eficiente, ayudando a reducir impurezas desde el inicio del proceso.

Equipo de Ósmosis Inversa

Este tipo de tecnología utiliza una membrana que permite eliminar la salinidad del agua. Se basa en un proceso de difusión a través de una membrana semipermeable que facilita el paso

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



de gases disueltos y moléculas sin carga electrostática de bajo peso molecular. Es el sistema más indicado para la producción de agua con un bajo contenido de sales, libre de virus y contaminantes químicos.

La ósmosis es un fenómeno en el que las moléculas se mueven pasando a través de una membrana semi permeable porosa, de una región de menor concentración a otra de mayor concentración, siendo el objetivo de la membrana el igualar las concentraciones de ambos lados. Esta afluencia de partículas hacia la zona de menor concentración es conocida como presión osmótica. En la ósmosis inversa, se aplica una presión superior a la presión osmótica, consiguiendo un efecto contrario. Cuanto mayor sea la presión aplicada, mayor será el flujo de permeado que se obtendrá.

Evaporador

Este equipo es clave para la concentración de la solución después de la nanofiltración y la ósmosis inversa. El evaporador forzado retira el exceso de agua, concentrando el litio. A su vez, este proceso permite la recuperación de agua, optimizando la eficiencia en el uso de recursos.

Reactor

El reactor de mezcla se encarga de refinar aún más la solución concentrada, eliminando las últimas impurezas como magnesio, calcio y boro, para obtener finalmente un carbonato de litio de alta pureza. Este equipo es fundamental en la etapa final del proceso para asegurar que el producto cumpla con los estándares requeridos para aplicaciones industriales, como las baterías.

Filtrado y secado

La suspensión formada en el reactor de precipitación se bombea a un sistema de separación compuesto por hidrociclón y filtro de banda. Este sistema permite separar eficientemente el carbonato de litio de la salmuera restante, obteniendo un sólido húmedo. Luego es sometido a un proceso de secado en contacto con aire caliente para reducir su contenido de humedad. El carbonato de litio seco es alimentado mediante un tornillo transportador hacia un molino de martillos, donde es triturado según especificaciones.

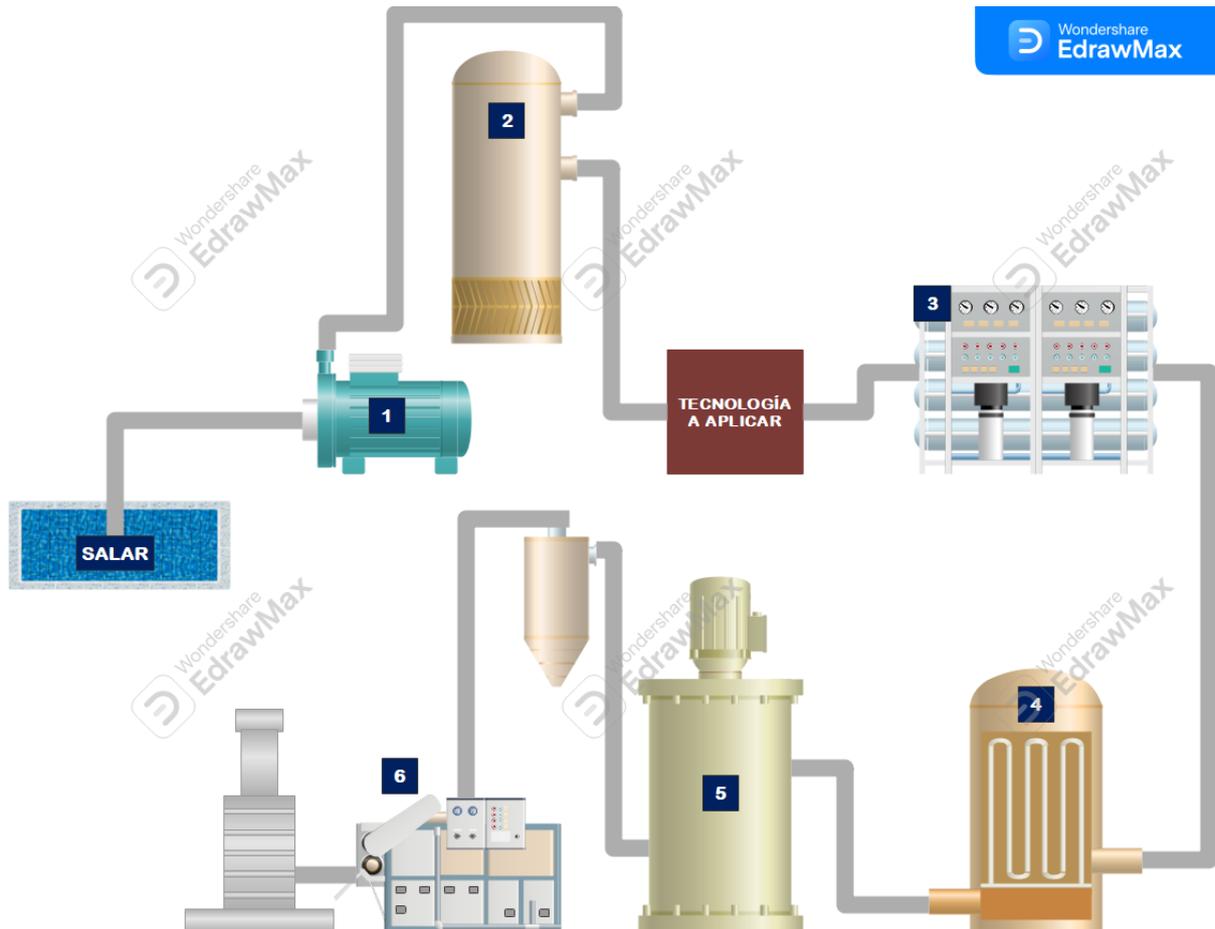
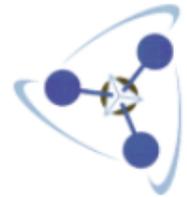


Figura 3.1 Componentes del proceso de extracción directa de Litio
Fuente: Elaboración propia

3.1.2 TIPOS DE TECNOLOGÍAS PARA LA EXTRACCIÓN DIRECTA

En los últimos años se extendió apreciablemente el desarrollo de métodos de obtención de sales de litio alternativos a las tecnologías tradicionales como la lixiviación de espodumeno (aluminio-silicato de litio) y la evaporación de salmueras bajo radiación solar con agregado de cal y soda Solvay. Estos nuevos métodos de extracción directa de litio (DEL, por su sigla en inglés) reducen el tiempo de procesamiento. Ellos son los siguientes:

Nanofiltración con membranas selectivas al ion litio

A diferencia de otros métodos de extracción directa, la separación selectiva de litio utilizando membranas tiene varias ventajas: la filtración con membranas es continua en una sola etapa en lugar de dos (captura y liberación de litio). Se han utilizado membranas de nanofiltración, con líquidos iónicos embebidos, filtración selectiva, electrodeionización capacitiva y electrodiálisis para la recuperación de litio desde soluciones acuosas. La primera aplicación



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



de nanofiltración para extraer litio de soluciones acuosas en 2006 empleó tecnología de desalinización en una configuración espiral con membrana Figura 3.2.

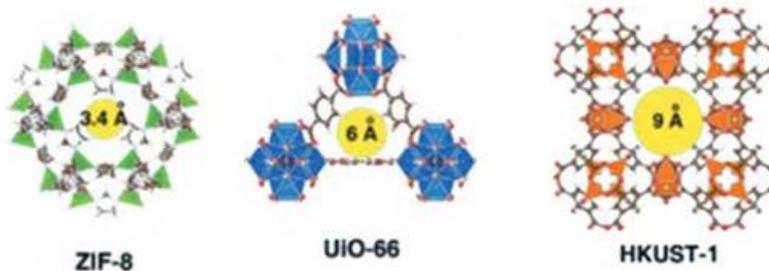


Figura 3.2 Estructuras metal-orgánicas (MOFs) con cavidades de diferente tamaño: ZIF-8 (0,34nm), UIO-66 (0,6nm) y HKUST.1 (0,9nm)

Fuente: Eramet

Estas membranas tienen un rango de 61-67% de retención de Mg^{2+} y un factor de separación Li^+/Mg^{2+} de 3,5.

El tamaño de los poros determina la selectividad: las membranas de intercambio iónico, por ejemplo, geles de poliacrilamida con grupos cargados como sulfonato (RSO_3^-) o amonio cuaternario ($R-NH_4^+$) y entrecruzadas con divinilbenceno, presentan poros de mayor tamaño que los iones hidratados (Figura 3.3).

En cambio, membranas con estructuras metal-orgánicas del tipo MOF (Metal Organic Frameworks) mostradas en la Figura 3.2 o conteniendo óxidos de intercalación como $LiMn_2O_4$ presentan canales del orden de un nanómetro y solo puede pasar el ion litio desnudo ($r_{Li^+} = 0,12nm$ comparado con $r_{Li(H_2O)^{4+}} = 0,74nm$), por lo que resultan selectivas al ion litio. La selectividad al ion litio en las estructuras MOF es el resultado del tamaño del canal iónico que es menor que el diámetro del ion hidratado, como se aprecia en el esquema de la Figura 3.3, por lo que debe perder la atmósfera de solvatación antes de ingresar al canal MOF en la membrana. Sin embargo, esta pérdida de agua de solvatación del ion litio trae aparejada como penalidad la lentitud del proceso en membranas que actúan como tamices iónicos. Sobre la base del desarrollo de un grupo australiano la empresa norteamericana Energy-X comercializa el proceso Litas de extracción directa de litio utilizando tecnología de membranas enrolladas en espiral análogas a las usadas en desalinización por nanofiltración o desionización capacitiva.

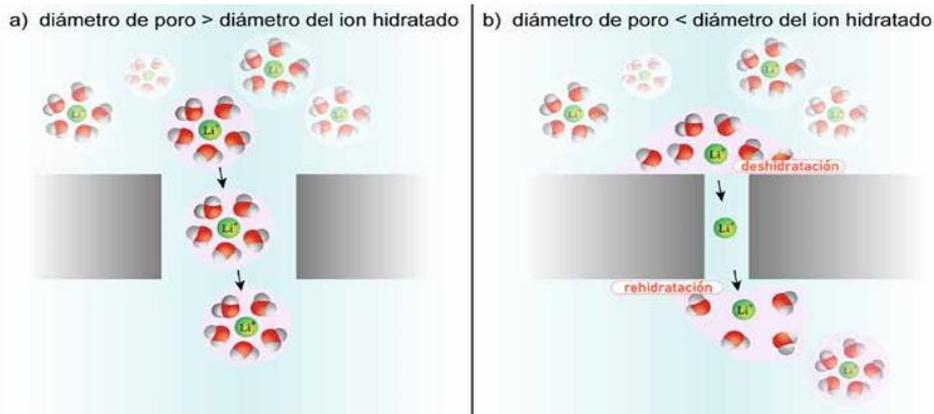


Figura 3.3 Comparación de la permeación de iones litio a través de poros en una membrana de intercambio iónico con diámetro de poro mayor al de ion litio hidratado $\text{Li}(\text{H}_2\text{O})_4^+$ (a) y a través de MOF con desolvatación en poro con diámetro menor que el de $\text{Li}(\text{H}_2\text{O})_4^+$ (b).

Fuente: Ernesto Julio Calvo - Conicet

Electrodiálisis directa de salmueras (electrólisis con membranas)

Entre los métodos de electrólisis con membranas, la electrodiálisis ocupa un lugar importante. En la electrodiálisis la descomposición del agua produce oxígeno e iones hidrógeno en el ánodo mientras que en el cátodo se forma hidrógeno verde sin huella de carbono e iones hidróxido. La celda puede tener una o varias membranas selectivas a cationes y aniones, de modo tal de rechazar a unos y permitir el paso de los otros, con lo que la migración de cationes litio al cátodo produce LiOH y aniones al ánodo donde se produce el ácido correspondiente. En la electrodiálisis directa de salmueras el movimiento de todos los iones, Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , $\text{B}_2\text{O}_7^{2-}$, etcétera, además del Li^+ , consume mucha energía eléctrica, típicamente 10 kJ/kg de $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$. En la electrólisis directa de salmueras con alta concentración de cloruros se libera gas cloro en el ánodo que es corrosivo y venenoso, lo que significa una limitación para su aplicación a gran escala.

Precipitación de fosfato de litio y posterior electrodiálisis para obtener $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$

Dada la menor solubilidad del fosfato de litio (Li_3PO_4), 0,39g/L a 25°C comparada con la de carbonato de litio (Li_2CO_3), 13 g/L a 25°C y 8,5 g/L a 85°C, se ha propuesto precipitar fosfato de litio desde salmueras con ácido fosfórico en medio alcalino luego de eliminar los cationes Mg^{2+} y Ca^{2+} . De este modo se reemplaza el método actual para producir hidróxido de litio monohidrato, $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$, por reacción entre el carbonato de litio Li_2CO_3 y el hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (cal apagada), por un método por electrodiálisis. En el mismo el LiH_2PO_4 , obtenido por disolución de Li_3PO_4 con ácido fosfórico, se electroliza para obtener hidróxido de litio y recuperar el ácido fosfórico. Este método ofrece varias ventajas: menor costo energético que la electrodiálisis directa de la salmuera, no genera residuos ni gas cloro venenoso en el ánodo, recicla el ácido fosfórico y genera hidrógeno verde en el cátodo. El hidróxido de litio tiene gran demanda en la fabricación de cátodos de baterías de alta energía (NMC).

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

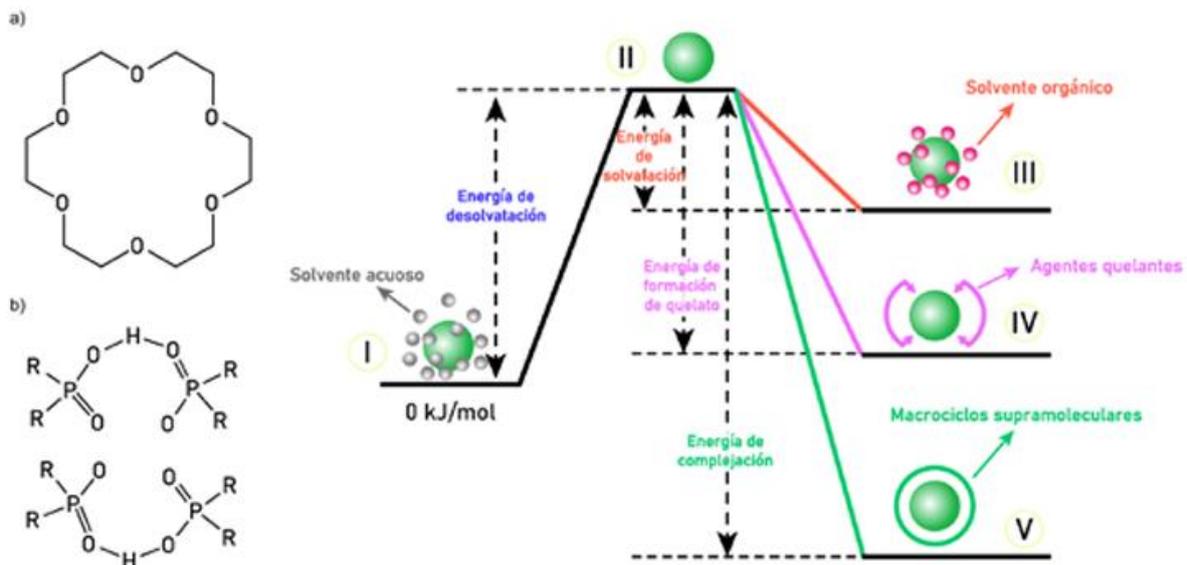
Año 2024



Extracción de litio por solventes orgánicos

La extracción por solventes se ha utilizado ampliamente para extraer selectivamente metales de soluciones acuosas debido a la simplicidad en la operación. Para pasar a la fase orgánica inmiscible con la acuosa, nuevamente el ion litio debe desprenderse de las cuatro moléculas de agua de hidratación fuertemente ligadas por interacción ion-dipolo (la energía de hidratación de Li^+ es muy grande, -475kJ/mol). Por ello, para aplicar estos métodos en operaciones a gran escala con miles de toneladas de salmueras debe tenerse en cuenta el costo energético de recuperación del solvente y los enormes volúmenes de solventes involucrados, muchas veces no muy amigables con el ambiente. En el proceso actual de evaporación-precipitación con cal y soda, los boratos presentes en las salmueras también se extraen con solventes orgánicos, que deben reciclarse por destilación.

Otra tecnología de extracción de iones litio de las salmueras por reconocimiento molecular específico es la llamada SuperLig Molecular Recognition Technology (MRT) desarrollada por una empresa norteamericana. El reconocimiento molecular específico se da con moléculas macrocíclicas disueltas en el solvente orgánico inmiscible con el agua. Estas moléculas presentan cavidades del tamaño del ion Li^+ desnudo y actúan como anfitrionas del ion huésped Li^+ por interacción con átomos de oxígeno, como se ilustra en la Figura 3.4 Se afirma que esta tecnología no requiere etapas separativas previas. El proceso continuo tendría alta velocidad de recuperación del litio con gran capacidad de extracción. En la Figura 3.5 puede verse el perfil de energías de los distintos procesos involucrados en la extracción con solventes con la pérdida de agua del ion $\text{Li}(\text{H}_2\text{O})_4^+$ para dar $[\text{Li}^+]_{\text{org}}$ en el entorno orgánico. Identificamos procesos de pérdida de agua (desolvatación) del ion litio, solvatación en el solvente orgánico, formación de un complejo o quelato con la molécula anfitriona, o interacción supramolecular. Vemos nuevamente que la selectividad del litio respecto de otros iones está determinada por el tamaño del ion litio huésped, el entorno anfitrión y la energía de solvatación.



Izquierda. Fig 3.4. (a) estructura química de éter corona con 6 átomos de oxígeno y (b) de óxido de fosfina; ambos coordinan al ion Li^+ en la cavidad central.

Derecha. Fig 3.5. Esquema de energías del proceso de pérdida de la atmósfera de solvatación del ion litio para encontrar otro entorno en solvente, quelato o macrociclo supramolecular

Fuente: Ernesto Julio Calvo - Conicet

Extracción electroquímica utilizando materiales de intercalación de ion litio

En la década de 1990, se introdujeron materiales de intercalación de litio como LiMn_2O_4 para la recuperación selectiva de litio de agua de mar. Posteriormente, se propusieron sistemas electroquímicos que combinan un cátodo de intercalación reversible a litio y un ánodo que absorbe iones cloruro al aplicar corriente eléctrica. En estos procesos, el ion litio se intercala en sitios tetraédricos del cristal de LiMn_2O_4 después de perder sus moléculas de agua de hidratación, y los iones cloruro son captados en el ánodo. Estos métodos son rápidos, altamente selectivos, no agregan sustancias químicas ni generan residuos, y consumen poca energía (<0,2 kWh/kg de carbonato de litio equivalente). Existen variantes de este método, como el intercambio iónico y la captura iónica, que utilizan electrodos porosos de LiMn_2O_4 y polipirrol para la extracción y recuperación de litio y cloruro de alta pureza. La desolvatación del ion litio es la etapa limitante en estos procesos debido a su fuerte interacción con moléculas de agua, lo que determina la velocidad de extracción. Estos métodos han sido aplicados exitosamente a salmueras naturales y se están desarrollando a nivel piloto en diversas regiones.

3.1.3 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A UTILIZAR

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



Elegimos la nanofiltración como tecnología a aplicar en nuestro proyecto debido a varias ventajas clave en comparación con otras alternativas. Este método permite una separación altamente selectiva del ion litio frente a otros cationes presentes en las salmueras, como Mg^{2+} , gracias al uso de membranas con tamaños de poro ajustados, como las de tipo Metal Organic Framework (MOF). Estas membranas ofrecen un balance adecuado entre eficiencia y selectividad, facilitando la extracción del ion litio sin requerir etapas separativas adicionales o el uso de químicos agresivos.

Además, la nanofiltración es un proceso continuo que requiere menos energía que otros métodos, como la electrodiálisis directa, lo que lo convierte en una opción más sostenible y eficiente. Al ser un proceso de una sola etapa, también se reducen los costos operativos y de mantenimiento, lo que aumenta la viabilidad económica de su implementación en operaciones a gran escala.



Figura 3.6 Proceso de producción - Extracción Directa de Litio (DEL) mediante Nanofiltración
Fuente: Eramet



4. TAMAÑO

4.1 INTRODUCCIÓN

La importancia de definir el tamaño que tendrá el proyecto se manifiesta principalmente en su incidencia sobre el nivel de inversiones y los costos que se calculen, y, por lo tanto, sobre la estimación de la rentabilidad que podría generar su implementación.

De igual manera, la decisión que se tome respecto al tamaño determinará el nivel de operación. Para este proyecto, el tamaño estará dado por la capacidad instalada de producción de Litio, expresada en términos de toneladas producidas por año. La capacidad instalada es el volumen máximo de producción que se puede obtener con los recursos (dinero, equipo, personal, instalaciones) disponibles en el proyecto.

La determinación del tamaño responde a un análisis interrelacionado de las siguientes variables: demanda, disponibilidad de insumos, localización y plan estratégico comercial de desarrollo futuro de la empresa que se creará con el proyecto, entre otras.

La cantidad demandada proyectada a futuro es quizás el factor condicionante más importante del tamaño, aunque este no necesariamente deberá definirse en función de un crecimiento esperado del mercado, ya que, el nivel óptimo de operación no siempre será el que maximice las ventas. Aunque el tamaño puede ir adecuándose a mayores requerimientos de operación para enfrentar un mercado creciente, es necesario que se evalúe esa opción contra la de definir un tamaño con una capacidad ociosa inicial que posibilite responder en forma oportuna a una demanda creciente en el tiempo.

En algunos casos la tecnología seleccionada permite la ampliación de la capacidad productiva en tramos fijos. En otras ocasiones, la tecnología impide el crecimiento paulatino de la capacidad, por lo que puede ser recomendable invertir inicialmente en una capacidad instalada superior a la requerida en una primera etapa, si se prevé que en el futuro el comportamiento del mercado, la disponibilidad de insumos u otras variables hará posible una utilización rentable de esa mayor capacidad.

4.2 FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DEL PROYECTO

4.2.1 RELACIÓN TAMAÑO - FINANCIAMIENTO

La capacidad de financiamiento de un proyecto es un tema de actualidad en las finanzas empresariales. Luego de la identificación de las posibles fuentes de financiamiento para el proyecto, se detallan las diferentes alternativas:

Fuentes internas: por capital propio, el cual es aportado al inicio por medio de los capitalistas y responsables del proyecto.



Fuentes externas: se obtienen por fuera del proyecto, ya sea por medio del mercado de capitales, bancos, cooperación y desarrollo.

Mercado de capitales: ofreciendo participación en el negocio (acciones, obligaciones, bonos). Bancos e Instituciones de Fomento: a través de la banca se pueden obtener créditos a corto, mediano y largo plazo, que presenten condiciones adecuadas a las características del proyecto. También por instituciones privadas en forma de créditos con proveedores y fabricantes de equipo.

Cooperación para el Desarrollo: se puede obtener apoyo financiero a través de organismos internacionales que destinan recursos técnicos.

Si los recursos financieros son insuficientes para cubrir las necesidades de inversión el proyecto no se ejecuta, por tal razón, el tamaño del proyecto debe ser aquel que pueda financiarse con mayor comodidad y seguridad, y que en lo posible presente los menores costos y un alto rendimiento del capital.

La disponibilidad de recursos financieros que el proyecto requiere para inversiones fijas, diferidas y/o capital de trabajo es una condicionante que determina la cantidad a producir.

4.2.2 RELACIÓN TAMAÑO - PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio es el tamaño mínimo requerido para el proyecto para no tener pérdidas en el ejercicio de la producción de los productos a elaborar. Por debajo de esta cantidad se estaría perdiendo dinero y el proyecto no sería rentable. A partir del punto de equilibrio se comienzan a percibir utilidades.

Este factor será analizado en capítulos posteriores, una vez determinada la estructura de costos del proyecto.

4.2.3 RELACIÓN TAMAÑO - CAPACIDAD DE INVERSIÓN

Está dada por la disponibilidad de recursos de inversión con los que se podrían contar para invertir en el proyecto, determinado por lo general por el costo de la maquinaria, equipos e instalación, capital de trabajo, entre otros. Es aquí donde entra a tallar el índice de inversión por unidad de capacidad instalada, es decir el costo unitario de producción respecto a los diferentes tamaños de planta dada por la capacidad de la maquinaria y equipo.

4.2.4 RELACIÓN TAMAÑO - MERCADO

Un factor importante en la determinación del tamaño es el mercado consumidor de nuestro producto, que pueden no ser sólo los del propio país, sino que cada vez más se incluyen a los mercados regionales e internacionales.

Es por ello que el tamaño óptimo depende, entre otras cosas, de las economías de escala que estén presentes en un proyecto. Al estar en presencia de un mercado creciente, esta variable toma más importancia, ya que deberá optarse por definir un tamaño inicial lo



suficientemente grande como para que pueda responder a futuro a ese crecimiento del mercado, u otro más pequeño pero que vaya ampliándose de acuerdo con las posibilidades de las escalas de producción. El primer caso obliga a trabajar con capacidad ociosa programada, la que podría compensarse con las economías de escala que se obtendrían de operar con un mayor tamaño.

En el Capítulo 2 "Estudio de Mercado", se analizó el comportamiento de la demanda de Litio. Ésta crece de manera sostenida, pero con diferentes tasas, por lo cual se debe optar entre dos alternativas: satisfacer por exceso o por defecto la demanda. Debido a la excesiva demanda de Litio, sólo se define satisfacer un porcentaje de esta, ya que si no los costos para satisfacerla completamente harían este proyecto inviable económicamente.

4.2.5 RELACIÓN TAMAÑO - MERCADO PROVEEDOR

El abastecimiento suficiente, en cantidad y calidad, de materias primas es un aspecto de vital importancia en el desarrollo de una empresa, ya que limita la capacidad de uso del proyecto o aumenta los costos del abastecimiento. Aunque, no necesariamente la materia prima condiciona y/o limita el tamaño de un emprendimiento.

En el caso del presente proyecto, la materia prima crítica que debemos tener en consideración en el proceso productivo es el agua, ya que, como es de público conocimiento, es un recurso cuya disponibilidad es limitada. Es por ello que la cantidad disponible será un factor determinante para la selección del tamaño de la planta.

4.2.6 RELACIÓN TAMAÑO - RECURSOS HUMANOS

Uno de los factores que se analizó en el Capítulo 5 "Localización" fue la disponibilidad de personal calificado para las tareas de instalación y producción de la planta. La ubicación seleccionada para la empresa, Salar de Cauchari, Jujuy., cuenta con una oferta amplia de recursos humanos altamente capacitados, por lo cual esto no se convierte en un factor condicionante del tamaño de la empresa.

4.2.7 RELACIÓN TAMAÑO - TECNOLOGÍA

La selección de la tecnología adecuada es crucial en la industria de producción de carbonato de litio, especialmente cuando se utiliza el método de extracción directa mediante nanofiltración. La elección tecnológica no solo influye en la capacidad productiva, sino también en la eficiencia operativa y en los costos asociados con la producción del material.

1. Importancia de la Selección Tecnológica

La tecnología empleada para la extracción directa de litio mediante nanofiltración juega un papel fundamental en la determinación de la capacidad productiva de la planta. La nanofiltración es una tecnología avanzada que permite la separación eficiente del litio de otras sales presentes en las salmueras, utilizando membranas con tamaños de poro en el rango de



nanómetros. La elección de esta tecnología permite a las plantas optimizar el proceso de producción, reducir costos operativos y mejorar la calidad del producto final.

2. Actualización y Mejora Continua

La tecnología de nanofiltración está en constante evolución, con mejoras continuas en la eficiencia de las membranas, la durabilidad y la reducción de costos operativos. Mantenerse al día con los últimos avances tecnológicos es esencial para las empresas que desean mantener su competitividad en el mercado. Las mejoras en la tecnología pueden llevar a una mayor eficiencia en la extracción del litio, una mayor capacidad de tratamiento y una reducción en el costo unitario de producción.

3. Inversión en Tecnología

La industria del litio, particularmente en la extracción directa mediante nanofiltración, requiere inversiones significativas en tecnología. La instalación de sistemas de nanofiltración avanzados implica costos elevados debido a la complejidad y el costo de las membranas y el equipo asociado. Sin embargo, la inversión en tecnología de vanguardia puede justificar su costo a través de la reducción de costos operativos a largo plazo y la mejora en la capacidad de producción.

Las inversiones en tecnología avanzada, junto con una gestión eficaz de la escalabilidad y los costos operativos, son esenciales para el éxito y la sostenibilidad a largo plazo en la industria del litio.

4.2.8 RELACIÓN TAMAÑO - MEDIOAMBIENTE

El impacto que pueda generar el proyecto sobre el medio ambiente, así como la necesidad de grandes equipamientos para realizar la mitigación de dichos impactos, es un factor muy importante que debe analizarse en el dimensionamiento de la capacidad de producción de la planta ya que se ve directamente influenciado con el tamaño de la planta.

En el capítulo 12 “Aspectos ambientales”, se presenta un estudio detallado de estos impactos, pero cabe resaltar que los mismos no son de carácter crítico. Por lo que, adoptando políticas con buenas prácticas de producción, el tamaño dejaría de estar directamente influenciado por el medio ambiente.

4.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la industria de producción de carbonato de litio, la determinación del tamaño óptimo de la planta es una decisión estratégica crítica que está influenciada por diversos factores. Entre estos, la capacidad de inversión y la tecnología utilizada son los más relevantes y limitantes en la planificación del tamaño de la planta.

La tecnología de nanofiltración ha emergido como una solución avanzada para la extracción de carbonato de litio, ofreciendo varias ventajas sobre los métodos convencionales. A



continuación, se analiza cómo esta tecnología mejora la eficiencia del proceso y se comparan sus costos con los métodos tradicionales, con un enfoque en los resultados obtenidos y su impacto económico.

Ventajas de la Nanofiltración

Eficiencia en la separación: La nanofiltración utiliza membranas con tamaños de poro en el rango de nanómetros, permitiendo una separación precisa de iones de litio de otras sales en la salmuera. Esta alta selectividad resulta en una mayor pureza del carbonato de litio y una recuperación más eficiente del litio, comparado con los métodos convencionales que pueden tener dificultades para separar los iones con la misma eficacia.

Reducción del Consumo de Agua: La tecnología de nanofiltración es significativamente más eficiente en el uso del agua en comparación con métodos tradicionales, como la evaporación solar. Dado que la nanofiltración requiere menos agua para operar, esto no solo reduce el impacto ambiental en regiones con recursos hídricos limitados, sino que también disminuye los costos operativos relacionados con el suministro y tratamiento del agua.

Menor Generación de Residuos: A diferencia de los métodos convencionales, que pueden generar grandes cantidades de residuos y subproductos, la nanofiltración produce menos residuos. Esto simplifica la gestión de residuos y reduce los costos asociados con su tratamiento y disposición, mejorando la sostenibilidad del proceso.

Flexibilidad y Escalabilidad: La tecnología de nanofiltración es altamente escalable, permitiendo la expansión de la planta mediante la adición de unidades modulares sin necesidad de grandes modificaciones en el sistema existente. Esta modularidad facilita la adaptación a la demanda creciente y permite una integración eficiente en diversas configuraciones de planta.

La inversión en tecnología de nanofiltración debe evaluarse en función de los beneficios a largo plazo que ofrece. Aunque la instalación inicial puede implicar costos significativos, la eficiencia en la separación, la reducción del consumo de agua y la menor generación de residuos contribuyen a una disminución en los costos operativos generales. La capacidad de escalar la planta y adaptar la tecnología a las necesidades crecientes también juega un papel crucial en la viabilidad económica del proyecto.

En resumen, la nanofiltración representa una mejora significativa en la eficiencia y sostenibilidad del proceso de extracción de carbonato de litio. La evaluación de los costos y beneficios a largo plazo demuestra que, a pesar de la inversión inicial, la tecnología puede ofrecer ventajas económicas y ambientales considerables, contribuyendo a la competitividad y sostenibilidad de la producción de litio en el mercado global.

4.4 PROGRAMA DE PRODUCCIÓN

Basándose en la capacidad instalada previamente definida, la jornada laboral adquirida, el periodo de mantenimiento, entre otros, se prosigue a realizar la planificación del programa de producción.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



Teniendo en cuenta que se trata de un proceso en que se establecen 24 horas de producción continua y que se considerará una parada al año para realizar tareas de mantenimiento, sumando un total de 25 días no laborales.

Se tiene como resultado la producción diaria que satisface la cantidad necesaria del producto.

$$\text{Producción Diaria: } \frac{\text{Producción Anual}}{\text{Días laborables}} = \frac{6.400 \text{ tn/año}}{340 \text{ días/año}} = 18,82 \text{ tn/día}$$

Mes	Días Hábiles	Horas de Trabajo	Producción Mensual (tn)
Enero	18	432	338,82
Febrero	28	672	527,06
Marzo	31	744	583,53
Abril	30	720	564,71
Mayo	31	744	583,53
Junio	30	720	564,71
Julio	31	744	583,53
Agosto	31	744	583,53
Septiembre	30	720	564,71
Octubre	31	744	583,53
Noviembre	30	720	564,71
Diciembre	19	456	357,65
Total Anual	340	8160	6.400

Tabla 4.1 Programa de Producción propuesto
Fuente: Elaboración Propia



PROGRAMA DE PRODUCCIÓN

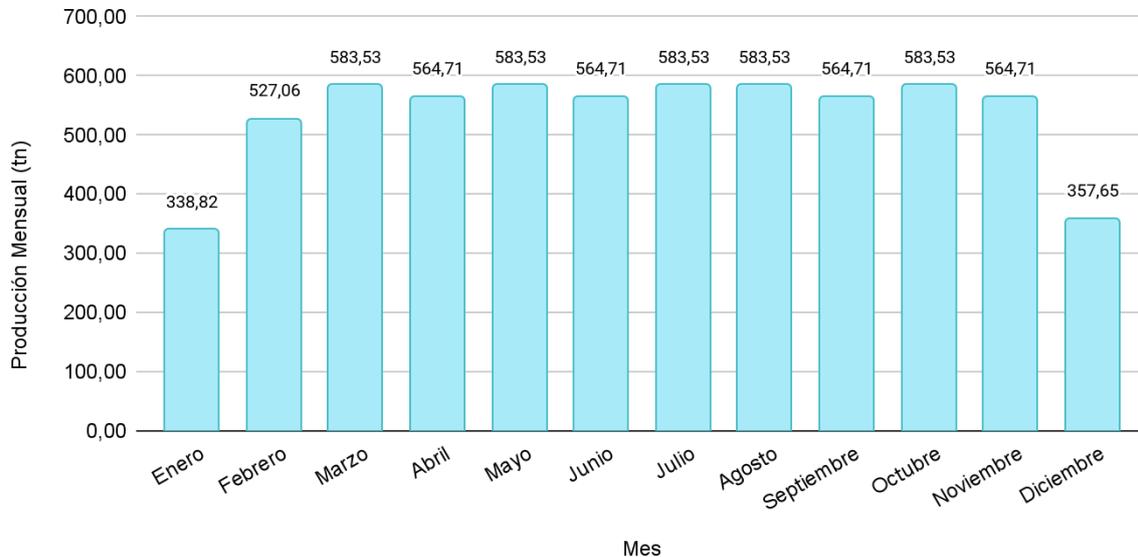


Figura 4.1 Programa de Producción propuesto
Fuente: Elaboración Propia

4.5 CONCLUSIÓN

En el presente capítulo se han analizado los diversos factores que condicionan el tamaño del proyecto, destacándose particularmente aquellos que tienen un mayor peso en la toma de decisiones, como la tecnología empleada y la capacidad de inversión.

De acuerdo con los resultados del análisis, se determina que nuestro proyecto de producción de carbonato de litio cubrirá aproximadamente el 8% de la demanda anual actual de Argentina, que es de 80,000 toneladas. Esto representa una contribución significativa al mercado, situando nuestra planta en una posición destacada dentro del sector.

Este porcentaje refleja nuestra capacidad para satisfacer una parte relevante de la demanda nacional, subrayando la importancia del proyecto para el suministro de carbonato de litio en el país y su potencial para apoyar el crecimiento de la industria en los próximos años.



5. LOCALIZACIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

La planta de producción para la extracción de litio no convencional mediante adsorción deberá ser ubicada tan cerca de los recursos naturales y las áreas de mayor potencial en cuanto a salmueras ricas en litio como sea posible. Esta decisión estratégica es fundamental debido a que la localización afecta directamente los costos de extracción y la eficiencia operativa. El análisis de este capítulo se centrará en la evaluación de distintas alternativas, valorando tanto factores objetivos como subjetivos, con el fin de determinar la ubicación óptima para este proyecto.

Es crucial considerar que la localización de la planta juega un papel vital en la maximización de utilidades y la sostenibilidad del proyecto. Una mala elección puede impactar significativamente en el rendimiento económico y operativo de la planta, así como en la competitividad en el mercado. La selección de la ubicación debe tener en cuenta la proximidad a las fuentes de materia prima, la infraestructura disponible, y la logística necesaria para garantizar la viabilidad del proyecto tanto en el presente como en el futuro. Además, se debe considerar la posibilidad de expansión, las regulaciones locales, y el impacto ambiental asociado con la operación de la planta.

5.2. HERRAMIENTAS DE SELECCIÓN

El primer análisis a realizar para elegir la localización más idónea para la planta, es determinar el arquetipo poblacional donde se va a ubicar. Para esto, es necesario realizar un estudio detallado de algunos factores, entre los que destacan:

Proximidad a los yacimientos de salmueras para reducir los costos de transporte de la materia prima y optimizar el proceso de extracción.

Disponibilidad de infraestructura con servicios como energía eléctrica, agua, y acceso a vías de comunicación. Además, la infraestructura debe soportar la operación continua de la planta y facilitar el transporte del litio extraído a los mercados.

Cumplimiento de las normativas ambientales y de seguridad, para lo cual es vital realizar un análisis de impacto ambiental para asegurar que la planta pueda operar sin contratiempos legales y con un bajo impacto ecológico.

Contar con disponibilidad de personal capacitado en la región se considera un factor determinante. Además, la posibilidad de capacitación local y desarrollo profesional son aspectos que considerar para mantener la operación eficiente.

Incentivos económicos y fiscales pueden ser decisivos en la elección de la ubicación. Es importante investigar las políticas regionales que podrían favorecer la instalación de la planta.



Evaluar la competencia existente y las estrategias de negocio en la región es fundamental para prever los desafíos y oportunidades que presentará el mercado. Esto incluye el análisis de cómo la introducción de un nuevo competidor podría afectar el entorno económico local.

El principal objetivo que persigue la localización de un proyecto es minimizar los costos de logística y optimizar la celeridad en la respuesta del servicio. Este análisis es de suma importancia y arroja consecuencias considerables a mediano y largo plazo, ya que una vez emplazada la empresa, no es sencillo (y comúnmente es inviable) cambiar la localización.

Teóricamente, las alternativas de localización de un proyecto son infinitas. Pero en realidad, el ámbito de elección no es tan amplio, pues las restricciones propias del proyecto descartan muchas de ellas.

En primer término, se considera localizar la planta dentro de El Triángulo del Litio, en Argentina. El objetivo fundamental de este emplazamiento es abastecer al mercado consumidor externo, promover la creación y desarrollo de un emprendimiento sustentable que contribuya a la generación de valor económico, social y ambiental para la comunidad.

Otro factor por el que se decide localizar la planta dentro del país es que se cuenta con amplia disponibilidad de materia prima de alto perfil en cuanto a cantidad y calidad.

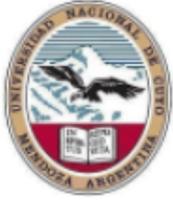
Los asentamientos industriales en el país en los últimos tiempos responden a una política de desarrollo de determinadas áreas del territorio, para lo cual se han implementado numerosas medidas para favorecer su instalación; deben estar dotados de infraestructura, servicios y urbanización, han facilitado la radicación de pequeñas y medianas empresas.

5.3 MACROLOCALIZACIÓN

La localización adecuada de la empresa puede determinar el éxito o fracaso de un negocio.

Por ello, la decisión de dónde ubicar el proyecto obedecerá no solo a criterios económicos, sino también a criterios estratégicos, institucionales, e incluso, de preferencias emocionales.

Con todos ellos, se busca determinar aquella localización que maximice la rentabilidad del proyecto.



5.3.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MACROLOCALIZACIÓN

Los factores que influyen comúnmente en la decisión de la localización de un proyecto se analizan en este apartado:

- Medios y Costos de Transporte.
- Disponibilidad y Costo de Mano de Obra.
- Cercanía de las Fuentes de Abastecimiento.
- Factores Ambientales.
- Cercanía del Mercado.
- Costo y Disponibilidad de Terrenos.
- Topografía de suelos.
- Estructura impositiva y legal.
- Disponibilidad de agua, energía y otros suministros.
- Comunicaciones.
- Posibilidad de desprenderse de desechos.

Existen además una serie de factores no relacionados con el proceso productivo, pero que condicionan la localización, a este respecto se puede señalar tres factores denominados genéricamente ambientales:

- La disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de apoyo (disponibilidad de asesores).
- Las condiciones sociales y culturales.
- Las consideraciones legales y políticas.

La mayoría de las nuevas industrias se establecen dentro de un área industrial, por las ventajas que trae aparejadas esta elección.

Un área industrial es un agrupamiento físico de empresas en un espacio determinado. Según las características, funciones u objetivos existen diferentes tipos de aglomerados. Entre los más conocidos se encuentran los complejos, polos, parques, zonas y áreas industriales.

Zona Industrial: es un simple espacio reservado para la industria. Suele ser creado por ordenanza municipal motivado por criterios urbanísticos. Sus beneficios generalmente se vinculan con su situación respecto al transporte y del precio del terreno dentro de esta zona.

Área Industrial: es un terreno mejorado, dividido en parcelas con miras a la instalación de industrias y que se ofrece a la venta o alquiler. Sus beneficios, además de los anteriores, se vinculan a la posibilidad de aprovechamiento de economías de escala en la formación de infraestructura.

Parque Industrial: es un terreno urbanizado y subdividido en parcelas, conforme a un plan general, dotado de infraestructura – carreteras, medios de transporte, etc.- y servicios públicos, que puede contar o no con fábricas construidas (por adelantado) y con servicios e instalaciones comunes necesarios para el establecimiento de plantas industriales.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Dentro de la Argentina, la ubicación preferencial del emprendimiento quedará definida en algún área industrial.

Los beneficios pueden dividirse en cuatro grandes ramas: fiscales, jurídicos, ambientales y de seguridad.

Entre los incentivos que tiene un área industrial se encuentra:

- Subvenciones de capital.
- Sistemas de crédito a largo y corto plazo.
- Planes de locación – compra.
- Exoneración de impuestos.
- Terrenos de bajo costo.
- Tarifas de agua y electricidad subvencionadas.
- Subvención de fletes.
- Pago de los gastos de traslado.
- Simplificación de procedimientos.
- Uso de instalaciones y servicios de producción comunes.
- Suministro garantizado de materias primas y materiales intermedios.

En Argentina, las áreas industriales son zonas designadas para el desarrollo de actividades industriales y comerciales. Estas áreas están distribuidas en diferentes regiones del país y ofrecen una serie de beneficios, incluyendo infraestructura avanzada, incentivos fiscales y servicios básicos.

Concluyendo, la localización más apropiada se decide en función de los datos obtenidos del análisis de tipo cualitativo, ya sea “por puntos” o por el “método de factores ponderados”, a fines del proyecto utilizaremos el método de Brown-Gibson (factores ponderados) como herramienta para el criterio de decisión.

Los factores globales analizados para decidir la macro localización son:

Medios y costos de transporte de materia prima.

Disponibilidad de recursos naturales.

Disponibilidad y costo de mano de obra.

Disponibilidad y costo de materia prima.

Costo y disponibilidad de terreno.

Disponibilidad de agua, energía y otros suministros.

5.3.2 ANÁLISIS DE LOS FACTORES A PONDERAR

5.3.2.1 Medios y costos de transporte

Obtenemos las materias primas directamente de los salares, lo que significa que solo necesitamos transportar el producto final: bigbags de carbonato de litio.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



Este proceso se realiza mediante transporte automotor de carga hasta la terminal portuaria, desde donde el producto es embarcado hacia su destino final.



Figura 5.1 Cadena Logística

Fuente: Informe Cadena de Valor Litio - Ministerio de Economía Argentina

Para calcular los costos de transporte por flete, se consultan los datos de las tarifas de la Confederación Argentina del Transporte Automotor de Carga (CATAC):

A continuación, se ilustra una tabla con los costos estimados de transporte para septiembre de 2024.

Km	\$ (ARS)	Km	\$ (ARS)
10	858,00	250	4418,00
20	1044,00	300	5160,00
30	1238,00	350	5674,00
40	1426,00	400	5941,00
50	1622,00	450	6327,00
60	1767,00	500	6970,00
70	1924,00	550	7728,00
80	2069,00	600	8367,00
90	2222,00	650	8936,00
100	2365,00	700	9541,00
120	2645,00	750	10173,00
140	2925,00	800	10745,00
160	3240,00	850	11260,00
180	3572,00	900	11898,00
200	3685,00	950	12601,00
225	4066,00	1000	13192,00

Tabla 5.1 Costos de transporte terrestre para septiembre 2024

Fuente: Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas

También se realizó un análisis de los costos de transporte marítimo, dado que la mayor parte del producto final se exporta.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Destino	Contenedor 20 pies (USD)	Contenedor 40 pies (USD)
Brasil (Puerto de Santos)	2,500 - 3,000	4,000 - 5,000
Estados Unidos (Miami)	4,000 - 5,500	6,000 - 7,500
Europa (Rotterdam)	5,000 - 6,500	8,000 - 9,500
China (Shanghái)	6,000 - 7,500	10,000 - 12,000
Australia (Sídney)	7,000 - 8,500	11,000 - 13,000
Sudáfrica (Durban)	5,500 - 7,000	9,000 - 11,000

Tabla 5.2 Costos de transporte marítimo para septiembre 2024
Fuente: Elaboración propia a base de datos históricos

5.3.2.2 Disponibilidad de mano de obra

La mano de obra no es un factor que influya significativamente en la localización, ya que todas las posibles ubicaciones analizadas cuentan con personal calificado para llevar a cabo las tareas requeridas. Además, la Federación Argentina de Trabajadores de la Energía, Seguridad e Higiene en el Trabajo (FATLYF) y el Sindicato de Obreros y Empleados de la Industria del Litio (SOEIL) establecen escalas salariales a nivel nacional. Por lo tanto, los costos de mano de obra son comparables en todo el país.

5.3.2.3 Disponibilidad y costo de materia prima

En cuanto a disponibilidad de materia prima, podríamos decir que nuestro principal insumo crítico son las salmueras, y la disponibilidad de estas en el Triángulo del Litio, que abarca partes de Argentina, Bolivia y Chile, es alta, lo que garantiza una buena disponibilidad de materia prima para la extracción de litio.

Esta región es conocida por su concentración significativa de salmueras ricas en litio, lo que la convierte en una fuente clave para la industria del litio. Gracias a esta alta disponibilidad, se facilita el acceso a la materia prima necesaria para tecnologías emergentes como la nanofiltración

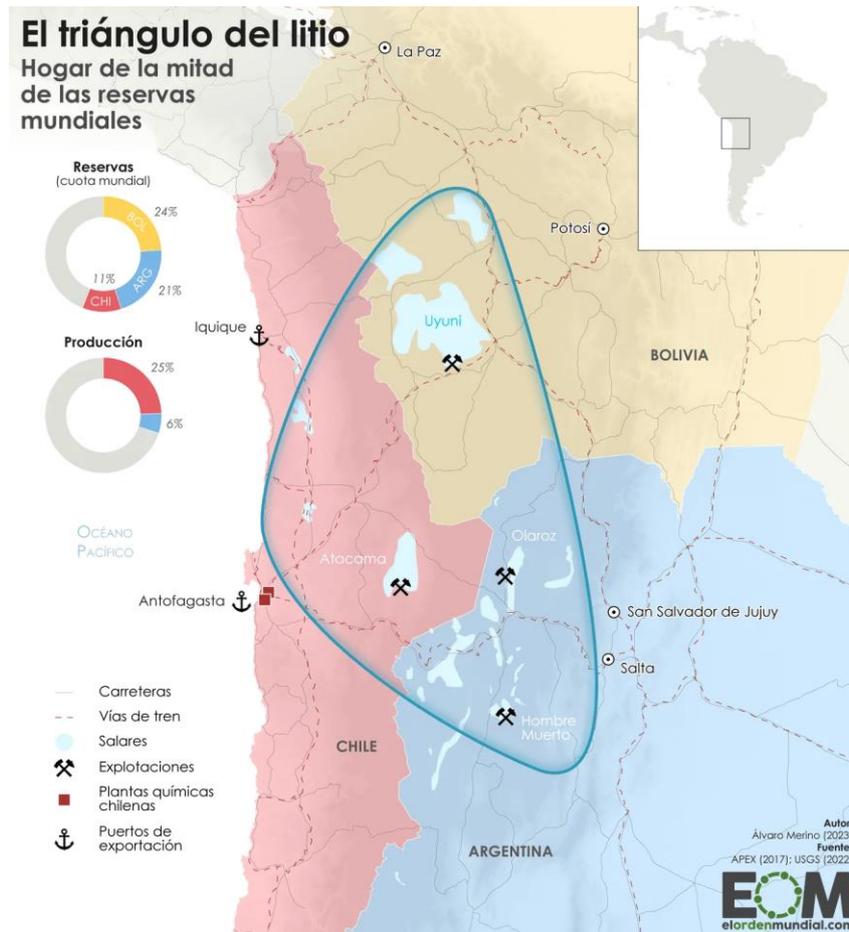


Figura 5.2 Distribución Reservas de Litio
Fuente: EOM - El Orden Mundial

Otro de nuestros insumos críticos es la energía necesaria para el proceso de extracción. Este enfoque se vuelve particularmente relevante dada la ubicación geográfica de la región, que presenta condiciones excepcionales para el aprovechamiento de la energía solar.

El noroeste argentino, donde se encuentran algunas de las reservas de litio más abundantes del planeta, se distingue por sus altos niveles de radiación solar durante todo el año. Según el informe del Banco Mundial de 2020 sobre el potencial global de generación de energía fotovoltaica, Argentina posee "excelentes condiciones" para la energía solar, con niveles de radiación comparables a los mejores sitios del mundo.

La elección de la energía solar para la extracción de litio en esta región se fundamenta en varios factores clave. Primero, el costo de construcción y generación de electricidad mediante paneles solares ha disminuido de manera constante, haciendo que esta fuente de energía sea cada vez más competitiva. La Agencia Internacional de Energía (IEA) señala que, a nivel global, la energía solar se encuentra entre las formas más económicas de generación en términos de costo por kilovatio.

Además, la energía solar no solo proporciona una solución sostenible para la generación de electricidad, sino que también ofrece independencia de la infraestructura nacional de gas y la red eléctrica, lo que es crucial para las operaciones mineras en áreas remotas.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



El uso de energía solar en el proceso de extracción de litio también se alinea con los objetivos de sostenibilidad y descarbonización establecidos por la legislación argentina, que exige que para 2025, el 20% del consumo energético provenga de fuentes renovables.

Potencial fotovoltaico

Kilovatio hora de media por m²

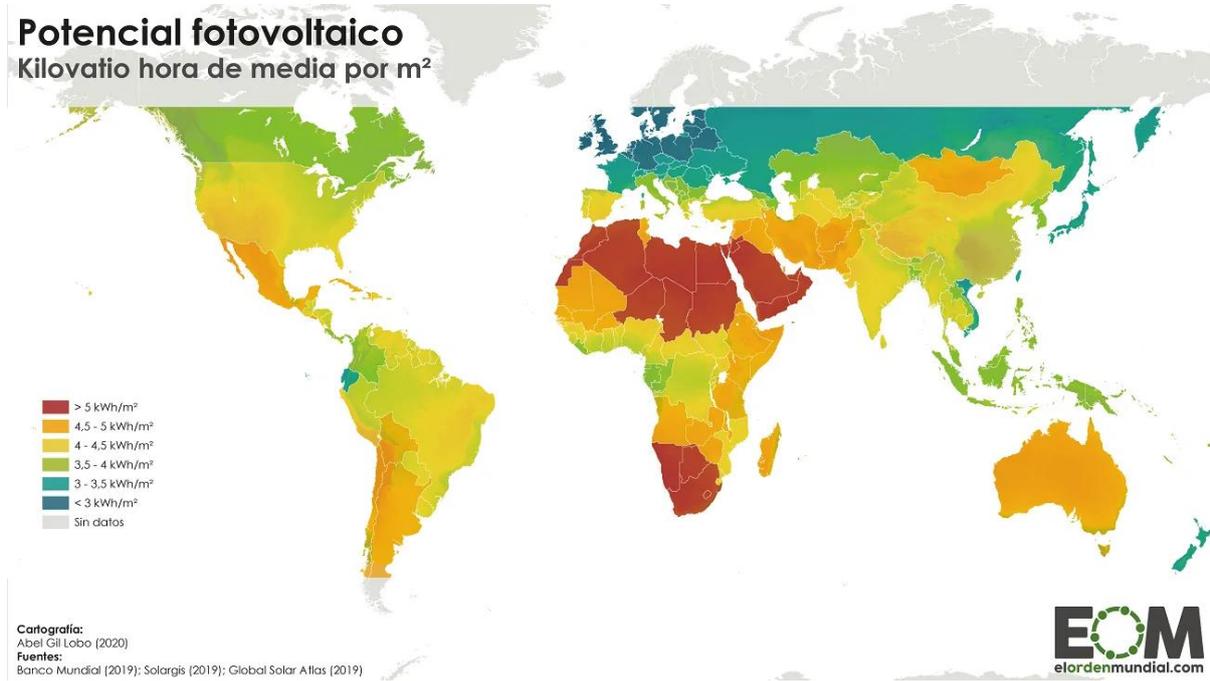


Figura 5.3 Mapa de potencial de energía solar por país

Fuente: EOM - El Orden Mundial

5.3.2.4 CERCANÍA AL MERCADO PROVEEDOR

Debido al volumen de materia prima requerido para el proceso de extracción de litio, la cercanía a los yacimientos de salmueras ricas en litio es crucial. Esto no solo reduce los costos de transporte, sino que también facilita la logística operativa. Es esencial definir quiénes serán los proveedores clave de insumos y materias primas adicionales.

5.3.2.5 CERCANÍA AL MERCADO CONSUMIDOR

En cuanto al mercado consumidor, el litio extraído se destinará principalmente a la producción de baterías y otros productos de alta demanda en el mercado internacional.

5.3.2.6 DISPONIBILIDAD DE TERRENOS

En Argentina, varias provincias ofrecen oportunidades atractivas para la instalación de plantas industriales. Salta, Jujuy y Catamarca, en particular, destacan por su cercanía a las salmueras ricas en litio y por contar con terrenos disponibles en parques industriales bien desarrollados, que ofrecen infraestructura adecuada y facilidades para la radicación de industrias.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



5.3.2.7 DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS

Las políticas económicas y la infraestructura de servicios en las áreas seleccionadas son fundamentales para el desarrollo eficiente de la industria del litio. Las áreas industriales en las provincias mencionadas proporcionan acceso a todos los servicios necesarios, como energía eléctrica, agua y telecomunicaciones, asegurando así un entorno favorable para la operación de la planta.

5.3.3 MATRIZ DE PONDERACIÓN

Una matriz de ponderación de puntos de aspectos cuantitativos es un método de análisis que permite asignar valores a una serie de factores que se consideran relevantes para definir la localización.

Este método no tiene como objetivo del estudio buscar una localización óptima sino una o varias localizaciones aceptables. En cualquier caso, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la empresa a instalar determinarán la localización definitiva. Para llevar a cabo esta evaluación de localización, se definieron anteriormente los aspectos más significativos y su interrelación, determinando a cada uno de ellos un valor de importancia relativa a los fines del proyecto. Luego se realizó una escala cuyos valores van desde 1 (uno) a 10 (diez), asignándole una calificación a cada ítem, complementando con estadísticas que contrastan dichos valores. Dichos valores se suman, y dan como resultado una ponderación total para cada localización potencial, que se comparan entre sí para determinar cuál es la mejor opción.



Factores	Peso relativo porcentual (%)	Salta		Jujuy		Catamarca	
		Clasificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Superficie disponible	12	9	1.08	10	1.2	9	1.08
Disponibilidad de recursos naturales	15	9	1.35	10	1.5	9	1.35
Disponibilidad de servicios	8	9	0.72	9	0.72	8	0.64
Disponibilidad de mano de obra	10	8	0.8	9	0.9	8	0.8
Beneficios promocionales	10	8	0.8	9	0.9	7	0.7
Cercanía al mercado proveedor	14	9	1.26	9	1.26	8	1.12
Cercanía al mercado consumidor	7	7	0.49	8	0.56	9	0.63
Estructura legal e impositiva	7	8	0.56	8	0.56	7	0.49
Cercanía al puerto	9	9	0.81	8	0.72	8	0.72
Disponibilidad de educación	8	8	0.64	9	0.72	8	0.64
Total	100	-	8.81	-	9.84	-	8.97

Tabla 5.3 Matriz de ponderación de la macrolocalización
 Fuente: Elaboración propia

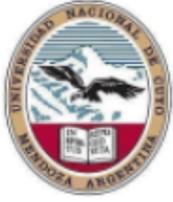
5.3.3.1 FACTORES A PONDERAR

Superficie disponible: Se le da un valor de 12% debido a que es vital para la instalación de la planta y futuras expansiones, especialmente en un proyecto que puede necesitar un crecimiento significativo para atender la demanda global de litio.

Salta (9) | Jujuy (10) | Catamarca (9): Jujuy se califica con un 10 porque cuenta con áreas destinadas a parques industriales y terrenos que son aptos para proyectos de gran envergadura, con una mayor disponibilidad en términos de extensión y adaptabilidad del terreno. Salta y Catamarca tienen una buena disponibilidad, pero Jujuy se destaca por su mayor accesibilidad y preparación del terreno.

Disponibilidad de recursos naturales: La disponibilidad de salmueras ricas en litio es fundamental para este tipo de proyecto, y es uno de los factores más críticos.

Salta (9) | Jujuy (10) | Catamarca (9): Jujuy tiene acceso a uno de los recursos de litio más grandes del mundo, el Salar de Olaroz, lo que justifica la calificación máxima. Salta y Catamarca también cuentan con importantes reservas, pero la calidad y accesibilidad de los recursos en Jujuy es superior.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Disponibilidad de servicios: Servicios como electricidad, agua, y telecomunicaciones son necesarios para la operación continua de la planta.

Salta (9) | Jujuy (9) | Catamarca (8): Jujuy y Salta tienen una infraestructura de servicios bien desarrollada en comparación con Catamarca, que aunque adecuada, puede presentar limitaciones en áreas más alejadas.

Mano de obra disponible: La mano de obra calificada y su costo son factores cruciales, ya que la operación y el mantenimiento de la planta requieren personal especializado.

Salta (8) | Jujuy (9) | Catamarca (8): Jujuy tiene una mejor disponibilidad de mano de obra especializada en comparación con Salta y Catamarca, debido a su cercanía a centros educativos que forman profesionales en minería e ingeniería.

Beneficios promocionales: Incentivos fiscales y promocionales pueden reducir los costos operativos y de instalación.

Salta (8) | Jujuy (9) | Catamarca (7): Jujuy ofrece beneficios promocionales adicionales debido a su interés en desarrollar proyectos de litio, como subsidios y exenciones fiscales, lo que la hace más atractiva que Salta y Catamarca.

Cercanía al mercado proveedor: La proximidad a proveedores de equipos y materiales necesarios para la construcción y operación de la planta reduce los costos de transporte y tiempos de entrega.

Salta (9) | Jujuy (9) | Catamarca (8): Jujuy y Salta tienen una buena ubicación en relación con los proveedores principales, pero Jujuy tiene una ligera ventaja debido a su infraestructura vial y de transporte más desarrollada.

Cercanía al mercado consumidor: Aunque el mercado principal es internacional, la cercanía a puertos y otras infraestructuras de exportación es esencial.

Salta (7) | Jujuy (8) | Catamarca (9): Catamarca tiene una ventaja en la cercanía a los puertos del norte argentino, pero Jujuy está mejor posicionada para acceder a los mercados internos y exportaciones, especialmente a través de rutas terrestres hacia Chile.

Estructura legal e impositiva: Un entorno legal favorable y una estructura impositiva competitiva son fundamentales para la viabilidad económica del proyecto.

Salta (8) | Jujuy (8) | Catamarca (7): Jujuy y Salta tienen estructuras impositivas similares, que son más competitivas que las de Catamarca, lo que reduce los costos operativos.

Cercanía al puerto: La cercanía a puertos facilita la exportación del litio, reduciendo costos de transporte internacional.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel
Año 2024



Salta (9) | Jujuy (8) | Catamarca (8): Salta tiene una ligera ventaja en cuanto a proximidad a los puertos chilenos, pero Jujuy también tiene acceso razonable a estos, aunque con distancias un poco mayores.

Disponibilidad de educación: La presencia de instituciones educativas que ofrezcan programas relacionados con la minería es crucial para la formación continua de la fuerza laboral.

Salta (8) | Jujuy (9) | Catamarca (8): Jujuy tiene una mejor oferta educativa en términos de instituciones que ofrecen formación en minería e ingeniería, lo que asegura un suministro constante de profesionales capacitados.

5.3.4 CONCLUSIÓN

La provincia de Jujuy se destaca como la mejor opción para la localización del proyecto de extracción de litio no convencional mediante nanofiltración.

Su alta disponibilidad de recursos naturales, infraestructura adecuada, mano de obra calificada, y beneficios promocionales la posicionan como la localización más favorable. Aunque Salta y Catamarca también son opciones viables, la combinación de factores críticos en Jujuy la convierte en la mejor elección para maximizar la eficiencia y minimizar los costos del proyecto.

5.4 MICROLOCALIZACIÓN

La localización específica o microlocalización, se determina al igual que la macrolocalización, por medio del “método de factores ponderados”. La provincia seleccionada desde el análisis macro fue Jujuy, por lo que, a continuación, se examinarán las potenciales ubicaciones dentro de la provincia para definir el punto específico de localización de nuestro proyecto.

Dado que la provisión de materia prima dependerá de la disponibilidad de salares en la zona, se buscará determinar una localización óptima que permita colocar nuestra planta en un punto cercano a estos. A partir del análisis anterior, se investigarán las características de tres posibles microlocalizaciones, que corresponden a los parques industriales de

5.4.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MICROLOCALIZACIÓN

Los factores globales analizados para decidir la microlocalización son:

- Proximidad de materia prima y disponibilidad de recursos.
- Disponibilidad de servicios.
- Disponibilidad de acceso de transporte.
- Costo y disponibilidad de terrenos.
- Costo de transporte.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



A continuación, se detallarán características de cada uno de los factores a analizar, y posteriormente se describirán las distintas localizaciones específicas seleccionadas.

5.4.1.1. Proximidad de materia prima y disponibilidad de recursos

Este factor es de suma importancia, mientras más próximos se encuentren los recursos, menor será el costo de transporte. Como puede observarse, el costo de transporte de la materia prima depende de los kilómetros recorridos, por lo que la cercanía de los proveedores es una ventaja importante.

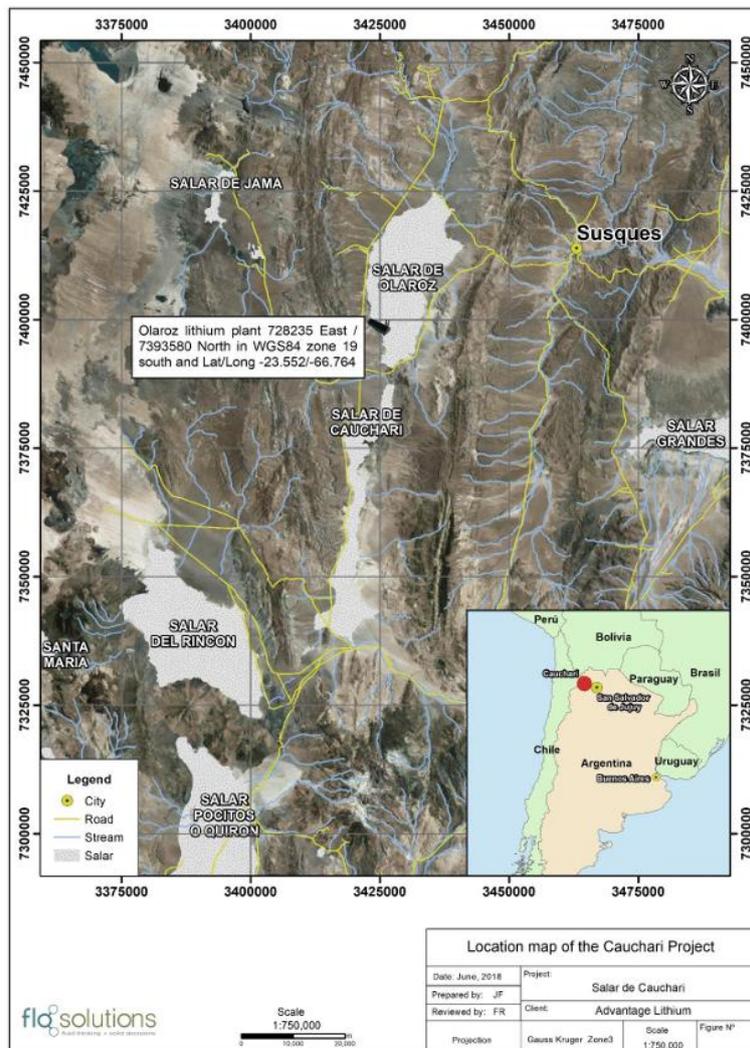
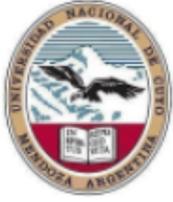


Figura 5.4 Superficie de salares en la provincia de Jujuy
Fuente: Prefeasibility Study of the Cauchari JV Lithium Project.



5.4.1.2. Disponibilidad de servicios

Como la empresa estará emplazada en un área industrial que se encuentra en una zona desértica y alejada de centros urbanos, la disponibilidad de servicios es limitada. Sin embargo, los servicios necesarios para el proyecto como gas, electricidad, agua potable e industrial están contemplados dentro del mismo.

En cuanto al suministro de gas se obtendrá de la conexión con el gasoducto Atacama.

El agua industrial se obtendrá de las fuentes autorizadas más cercanas, como los pozos en la zona del Río Rosario. En cuanto al agua para consumo humano, la misma es envasada y suministrada de forma periódica para garantizar el abastecimiento a todo el personal. Para abastecer el servicio de electricidad hay disponibles generadores diesel de respaldo y emergencia de 1,8 MW. Además, el área cuenta con acceso a energía eléctrica del parque solar Cauchari, que es uno de los más grandes de Latinoamérica, con una capacidad de generación de 300 MW.



Figura 5.5 Disponibilidad de servicios

Fuente: Ministerio de Economía Argentina - Secretaría de Minería

5.4.1.3. Disponibilidad de accesos de transporte

La instalación debe contar con espacio suficiente para permitir el desplazamiento de camiones y otros medios de transporte, que permitan el ingreso y la salida, evitando gastos innecesarios de logística. En el caso de las áreas industriales seleccionadas, deberá analizarse si se cuenta con accesos asfaltados, por lo que, caso contrario, sólo hará falta una adaptación de los caminos sin pavimentar.



5.4.1.4. Costo y disponibilidad de terrenos

Este factor de análisis es de gran importancia, ya que las áreas industriales existentes juegan un rol fundamental en la viabilidad del proyecto. Dado que en las cercanías de nuestra ubicación se encuentra una planta de procesamiento, la selección del terreno dependerá en gran medida del estudio detallado que realicemos.

En Jujuy, las áreas cercanas a los salares de Olaroz y Cauchari son relativamente remotas, por lo que los costos de adquisición de terrenos pueden ser menores en comparación con terrenos más cercanos a la capital provincial o a otros centros urbanos como San Salvador de Jujuy.

La disponibilidad de terrenos en esta zona es amplia, debido a la gran extensión de áreas desérticas y no urbanizadas alrededor de los salares. Sin embargo, una parte considerable del área puede estar bajo protección ambiental o ser propiedad de comunidades locales, lo cual implica la necesidad de realizar acuerdos previos con estas comunidades o cumplir con regulaciones ambientales específicas.

5.4.1.5. Costo de transporte

Como se describe en el apartado de macrolocalización, los costos de transporte dependen de los kilómetros recorridos, por lo que al ponderar este factor se evalúa la distancia que separa la empresa de los mercados proveedor y consumidor.

Dado que el mercado consumidor de litio es predominantemente internacional, será fundamental analizar la distancia a los principales puertos de exportación y las rutas de transporte internacional.

5.4.1.6. Descripción de las posibles microlocalizaciones

5.4.1.6.1. Salar de Olaroz

El Salar de Olaroz se encuentra en la región de la Puna, en el departamento de Susques, provincia de Jujuy, Argentina. Posee una superficie de aproximadamente 1.200 km².

La exploración del Salar de Olaroz comenzó en la década de 1990, pero el desarrollo significativo para la extracción de litio comenzó alrededor de 2010.

El principal operador en la zona es la empresa Arcadium Lithium PLC que fue creada en enero de 2024 con la unión de las empresas Livent y Allkem. Opera en conjunto con otras empresas privadas como Toyota Tsusho Corporation y la firma australiana Lithium Americas, y la compañía estatal Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE).

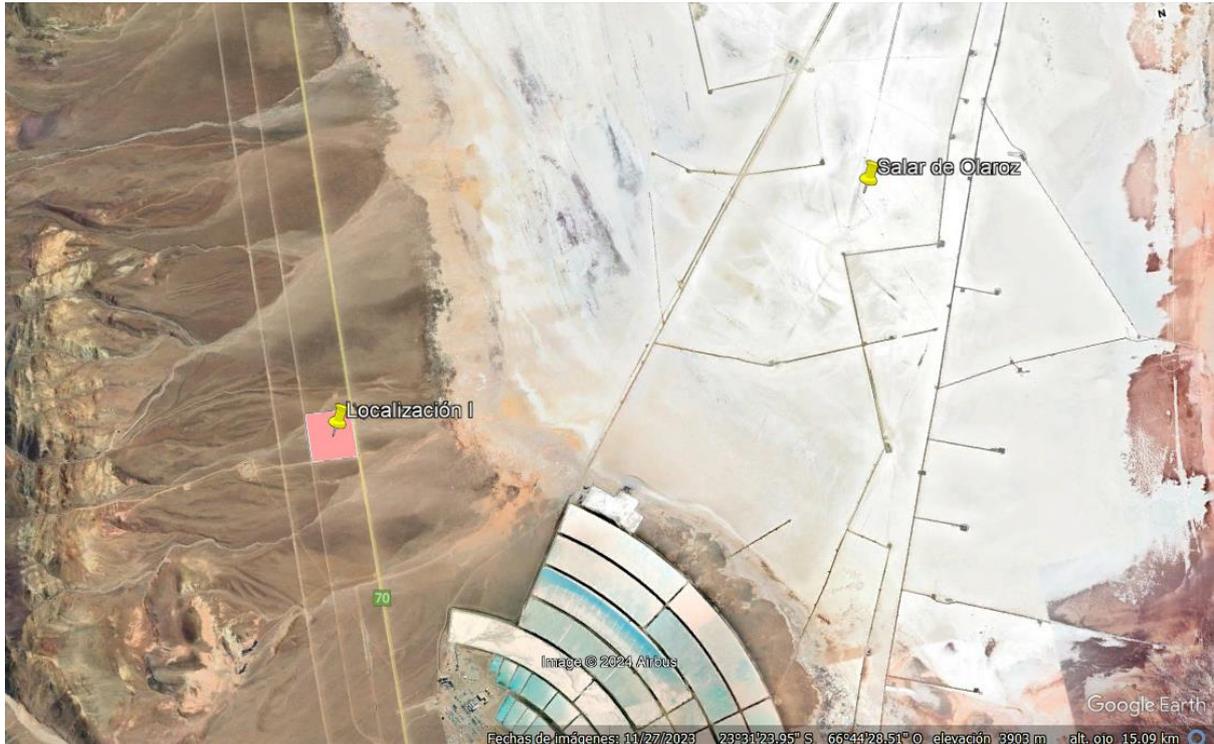


Figura 5.6 Localización geográfica número I - Salar Olaroz
Fuente: Elaboración propia - Google Earth



Figura 5.7 Vista detallada de localización geográfica número I - Salar Olaroz
Fuente: Elaboración propia - Google Earth



Distancia del área industrial a:

- **Centro urbano más próximo:** 20 km. A Olaroz Chico
- **Ferrocarril:** El ferrocarril más cercano es el Ferrocarril Belgrano Cargas, cuya estación más próxima está en Palpalá, Jujuy, a aproximadamente 300 km del Salar de Olaroz.
- **Puerto marítimo más próximo:** Puerto de Antofagasta, Chile, a unos 650 km.
- La localización elegida cuenta con una superficie total de 24,30 hectáreas, lo que ofrece un espacio adecuado para el desarrollo de instalaciones industriales relacionadas con la extracción y procesamiento de litio. Este terreno proporciona suficiente capacidad para albergar tanto la infraestructura necesaria para las operaciones como áreas adicionales para futuras expansiones, si es necesario.
- La disponibilidad de esta extensión de terreno facilita la construcción de plantas de procesamiento, almacenamiento de materiales, áreas de logística, y zonas destinadas a la gestión de residuos, cumpliendo con las normativas ambientales.
- Los servicios e infraestructura que presenta son:
 - Agua: Suministro de pozos del Río Rosario.
 - Descarga de aguas residuales: Planta de tratamiento de agua.
 - Energía eléctrica: Suministro mediante generadores y líneas de transmisión locales.
 - Utilización de energías renovables: Proyectos en desarrollo para incorporar energía solar.
 - Gas: Conexión gasoducto Atacama
 - Internet: Internet satelital; Starlink.
 - Vigilancia: Seguridad privada y controles en los accesos.
 - Servicio recolección y tratamiento de residuos: Servicios básicos implementados.
 - Alumbrado: Básico, centrado en áreas operativas.
 - Áreas verdes: No aplicable debido al entorno desértico.
 - Calles de acceso: Carreteras sin pavimentar que conectan con rutas principales.

5.4.1.6.2. Salar de Cauchari

El Salar de Cauchari se encuentra en la misma región de la Puna que el Salar de Olaroz, también en el departamento de Susques, Jujuy, Argentina. El área de Cauchari ha sido objeto de exploración desde la década de 1990, con un desarrollo más intenso en la última década. Las actividades de extracción comenzaron a tomar forma alrededor de 2017. Se determinó que abarca una superficie de aproximadamente 600 km².

Empresas como Lithium Americas, Ganfeng Lithium y JEMSE unidas como EXAR están desarrollando proyectos en esta área. Actualmente, hay proyectos en construcción y algunos en etapa de planificación, con expectativas de comenzar operaciones en los próximos años.

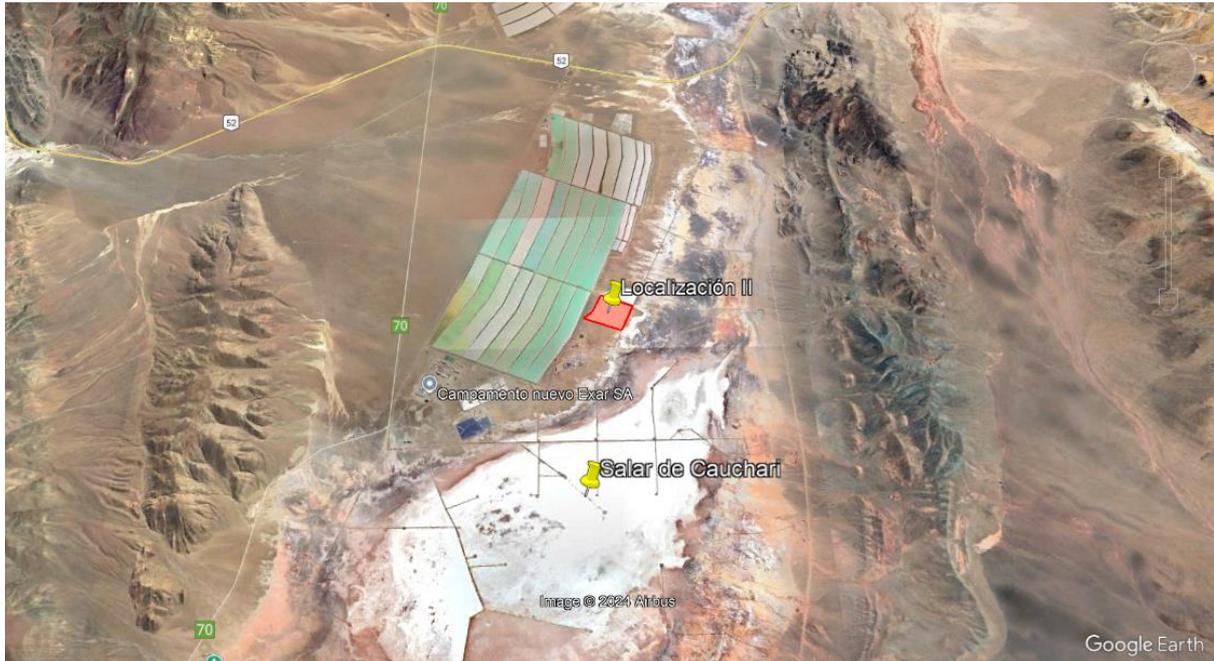


Figura 5.8 Localización geográfica número II - Salar Cauchari
Fuente: Elaboración propia - Google Earth



Figura 5.9 Vista detallada de localización geográfica número II - Salar Cauchari
Fuente: Elaboración propia - Google Earth



Distancia del área a:

- **Centro urbano más próximo:** Hay una serie de aldeas locales en un radio de 50 km del sitio del proyecto. Estos incluyen: Catua a 37 km al suroeste, Pastos Chicos y Puesto Sey al este y Olaroz Chico a 34 km al norte y Olacapato a 50 km al sur. La administración regional está ubicada en la ciudad de Susques a unos 60 km al noreste del sitio del proyecto.
- **Ferrocarril:** El ferrocarril más cercano es el Ferrocarril Belgrano Cargas, cuya estación más próxima está en Palpalá, Jujuy, a aproximadamente 300 km del Salar de Cauchari.
- **Puerto marítimo más próximo:** Puerto de Antofagasta, Chile, a 450 km.
- La localización elegida cuenta con una superficie total de 36,40 hectáreas, lo que ofrece un espacio adecuado para el desarrollo de instalaciones industriales relacionadas con la extracción y procesamiento de litio. Este terreno proporciona suficiente capacidad para albergar tanto la infraestructura necesaria para las operaciones como áreas adicionales para futuras expansiones, si es necesario.
- Los servicios e infraestructura que presenta son:
 - Agua: Disponibilidad de recursos subterráneos del Río Rosario.
 - Descarga de aguas residuales: Planta de tratamiento de agua.
 - Energía eléctrica: Suministro de energía con generadores eléctricos en el lugar, alimentados por gas natural a través de un gasoducto que se conecta al Gasoducto de Atacama. También cuenta con acceso a energía eléctrica a través del parque solar Cauchari.
 - Utilización de energías renovables: Si, Parque Fotovoltaico Cauchari.
 - Gas: Conexión con el gasoducto Atacama.
 - Internet: Acceso a internet satelital de Starlink.
 - Vigilancia: Seguridad privada presente en las instalaciones.
 - Servicio recolección y tratamiento de residuos: Servicios básicos en implementación.
 - Alumbrado: Presente en áreas de trabajo, con iluminación básica.
 - Áreas verdes: No aplicable por el entorno.
 - Calles de acceso: Las principales vías de acceso son rutas de ripio y caminos que conectan con la Ruta Nacional 52.

5.4.2 MATRIZ DE PONDERACIÓN

Como se nombró previamente las locaciones utilizadas para el análisis serán las áreas industriales de Salar de Olaroz y Salar de Cauchari. La metodología a utilizar será la misma que para la definición de la macro localización, siendo la localidad con mayor puntaje la que resulte seleccionada.



Factores	Peso relativo porcentual (%)	Salar de Olaroz		Salar de Cauchari	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
<i>Proximidad a la materia prima</i>	25	9	2.25	8	2.0
<i>Disponibilidad de servicios</i>	20	8	1.6	9	1.8
<i>Costo y disponibilidad de terrenos</i>	20	8	1.6	9	1.8
<i>Costos de transporte</i>	20	6	1.2	8	1.6
<i>Cercanía a puntos de transporte clave</i>	15	6	0.9	8	1.2
Total	100	-	7.55	-	8.4

Tabla 5.4 Matriz de ponderación de la microlocalización

Fuente: Elaboración propia

5.4.3 CONCLUSIÓN

El Salar de Cauchari se destaca como la mejor opción para el proyecto de extracción de litio, superando al Salar de Olaroz en disponibilidad de servicios, terrenos, y cercanía a puntos de transporte clave. Con una puntuación total superior (8.4 frente a 7.55), Cauchari ofrece mejores condiciones operativas y logísticas, haciendo de esta microlocalización la recomendada para el desarrollo del proyecto.



6. INGENIERÍA DE DETALLE

6.1 Introducción

Se entiende por ingeniería de detalle o ingeniería de proceso a aquella etapa del proyecto donde se desarrollan, evalúan y diseñan los procesos productivos. Además, se genera toda la información necesaria para la ingeniería básica como así también se definen todos los requerimientos de materias primas e insumos del proceso.

En este capítulo se desarrollarán los aspectos relacionados con la ingeniería de detalle para la obtención de Carbonato de Litio a través de extracción directa mediante nanofiltración.

Específicamente, se desarrollará:

- Descripción y Diagrama de bloques del proceso.
- Balances de masa de las distintas etapas.
- Diseño de los principales equipos.
- Selección de los equipos a utilizar.

Como fue establecido en el Capítulo 4 "Tamaño", se deberá tener en cuenta, para el diseño de la ingeniería de detalle del proyecto, una producción anual de carbonato de litio de 6400 toneladas, con un régimen de trabajo de 340 días por año.

6.2 ALCANCE DEL PROYECTO

La planta de producción de Carbonato de Litio que va a desarrollarse en este informe comprende desde la extracción de la salmuera hasta la obtención de carbonato de litio grado batería.



Figura 6.1 Esquema de una planta Extracción Directa de Litio (DEL)

Fuente: Eramet



En la figura 6.2 se muestra un pequeño diagrama de flujo del proceso que resume la forma de operación de la planta.

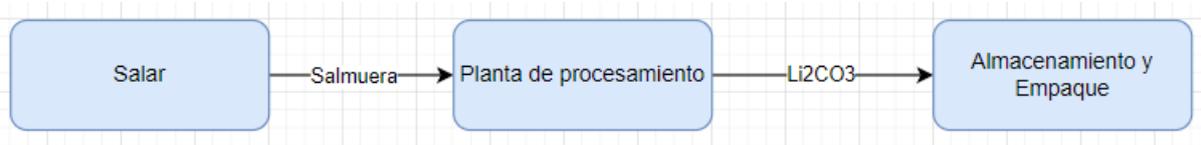


Figura 6.2 Diagrama de flujo de la producción de Li_2CO_3
Fuente: Elaboración propia

6.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A continuación, desarrollaremos con detalle las etapas del proceso de extracción directa mediante nanofiltración.

- Extracción de salmuera:

Se extrae la salmuera mediante bombeo: un agua subterránea con una alta concentración de sales (10 veces mayor que el agua de mar) ubicada a 200 metros de profundidad.

La extracción directa de litio requiere bombear la mitad de la salmuera que el proceso convencional de evaporación natural para lograr una calidad de carbonato de litio similar. Nuestra técnica reduce al mínimo las pérdidas, lo que nos permite aprovechar el yacimiento durante más tiempo, evitando la necesidad de abrir otra planta en otro lugar.

Equipo utilizado: debe ser una bomba electrosomergible capaz de trabajar en las condiciones que tenga la salmuera, ya sea de pH, SDT, salinidad, conductividad, etc.



Figura 6.3 Extracción de salmuera en Centenario-Ratones
Fuente: Eramet



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



- **Adsorción:** Previo al ingreso en la columna de adsorción, se acondiciona la salmuera modificando el pH, que inicialmente es de alrededor de 7,8, hasta bajarlo a 6,25. El cambio de pH se hace para favorecer la selectividad del relleno de cloro-litio-aluminato (CLA) de la columna hacia el ion litio, minimizando el calcio y el magnesio. Si se alimentara a la columna salmuera de pH inferior a 3 se destruiría el CLA.

El siguiente paso en el proceso es la captura del litio. Para ello, la salmuera pasa a través de una torre de adsorción equipada con un lecho empacado de adsorción sólido a base de aluminio, que nos permite trabajar a 20°C lo que evita tener que calentar la salmuera al ingresar a nuestra planta. Este lecho actúa como un sorbente altamente selectivo, capaz de capturar los iones de litio presentes en la salmuera. El aluminio en el sorbente opera como una "esponja", adsorbiendo el litio mientras permite que los demás componentes de la salmuera continúen su flujo.

La composición química superficial de la Al_2O_3 se caracteriza por una alta población de especies $Al-O-Al$ y $Al-OH$ con distintos grados de interacción entre sí. En cuanto a su morfología, la alúmina es un sólido cristalino, mesoporoso con una isoterma de adsorción clase IV, según la clasificación BET e histéresis de adsorción de tipo A, correspondiente a poros cilíndricos de área transversal bastante uniforme y de radio entre 9 y 29 nm, abiertos por ambos extremos. Su área superficial está alrededor de 130 m^2/g , el volumen de poro varía entre 0,47 y 0,56 cm^3/g .

El proceso de adsorción selectiva es un proceso batch, o discontinuo, debido a que en una primera instancia queda el litio retenido en la columna (etapa de loading) y luego es "descargado", por lo que la columna no recibe salmuera de forma continua, sino, se cierra la válvula que permite el ingreso de esta, de modo de poder realizar la elución o "descarga". La mencionada descarga consiste en pasar por la columna agua de elución, proveniente de bancos de ósmosis inversa que contiene 40 ppm de litio, la cual lo arrastra (etapa de stripping), dando un producto concentrado en litio.

En orden de mejorar la eficiencia del proceso, se tiende a colocar una serie de al menos dos columnas de adsorción para aprovechar el tiempo muerto que supone desorber el litio de la primera columna, cargando simultáneamente la siguiente columna en la secuencia operacional.

Continuando con el proceso, a la salida de la columna de adsorción, se obtiene una corriente de salmuera agotada (efluente). Actualmente como solución a la disposición final de la salmuera agotada y contribuyendo con la eficiencia en el uso del recurso hídrico, se analiza el método de reinyección, que como se explicará más adelante consiste en infiltrar la salmuera agotada en el salar, como una alternativa a la infiltración, o también considerar una propuesta de disposición mixta de infiltración y reinyección.

La otra corriente proveniente de la columna de adsorción es la que continúa en el proceso, el eluido de litio, se obtiene a través de la desorción de la resina.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



El agua de make up (reposición) para la elución es de aproximadamente un 20 %, en relación al caudal de salmuera extraído de los pozos.

Esto significa que el agua desmineralizada, ingresa al sistema por única vez para la elución en una cantidad igual al 80 % del caudal de salmuera extraído de los pozos. Luego, parte de esta se recupera con la operación de ósmosis inversa y la condensación del agua evaporada mecánicamente. Las pérdidas se compensan con el agua de make up.

- **Nanofiltración:**

La nanofiltración es una técnica avanzada de purificación utilizada para mejorar la calidad de la salmuera. Mediante el uso de una membrana semipermeable, este proceso permite la separación selectiva de iones como Calcio, Magnesio y Sulfato, los cuales están presentes junto al Litio en la salmuera. A diferencia de otros métodos, la nanofiltración mantiene todos los componentes en estado líquido, lo que permite una eliminación eficaz de estos elementos no deseados sin alterar la fase líquida de la salmuera.

Una de las principales ventajas de la nanofiltración es que el líquido resultante puede ser reutilizado en el proceso de extracción de litio, lo que optimiza el uso de recursos y minimiza el impacto ambiental. Esto se logra sin generar residuos sólidos, lo que representa una mejora significativa en comparación con los procesos convencionales.

Equipos Utilizados

Sistema de nanofiltración: Consiste en módulos de membranas semipermeables que separan eficientemente el calcio, magnesio y sulfato de la salmuera, manteniendo todo en estado líquido.

Circuito de recirculación del líquido purificado: Permite que el líquido purificado se reintroduzca en el proceso de extracción, reduciendo el desperdicio y optimizando el uso de recursos.

En la siguiente imagen podemos apreciar cómo funciona este equipo de nanofiltración:

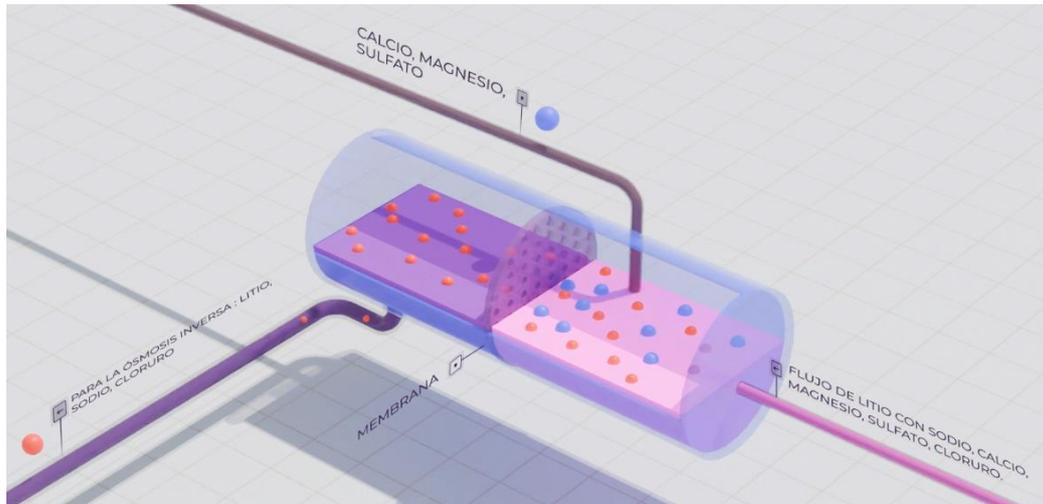


Figura 6.4 Ilustración de equipo de nanofiltración
Fuente: Eramet

- Ósmosis inversa:

El proceso de concentración de litio en esta etapa emplea la ósmosis inversa, una técnica avanzada que permite aumentar la concentración de iones de litio en la solución. Este proceso se basa en forzar el líquido a través de una membrana semipermeable, la cual retiene los iones de litio mientras permite que el agua y otros componentes pasen a través. Como resultado, se obtiene un flujo de litio altamente concentrado.

Etapa de Evaporación

Posteriormente, la solución de litio concentrada se somete a una etapa de evaporación, donde se calienta la solución para inducir la evaporación del agua. Este proceso no solo concentra aún más el litio, sino que también permite la recuperación del agua evaporada. Por un lado, se obtiene una solución de litio de mayor concentración, y por otro lado, el agua recuperada se reintegra al sistema, contribuyendo a la eficiencia del proceso.

Durante ambas etapas, ósmosis inversa y evaporación, se recupera una cantidad significativa de agua, alcanzando una tasa de reciclaje del 50%. Este alto nivel de reutilización del agua minimiza el impacto ambiental y optimiza el uso de recursos hídricos en el proceso de extracción de litio.

Equipos Utilizados

Sistema de ósmosis inversa: Equipado con membranas semipermeables diseñadas para retener iones de litio, permitiendo una mayor concentración de estos en la solución.

Unidad de evaporación: Calienta la solución concentrada para evaporar el agua, facilitando la obtención de una solución de litio aún más concentrada.



La siguiente imagen ilustra cómo funciona este equipo.

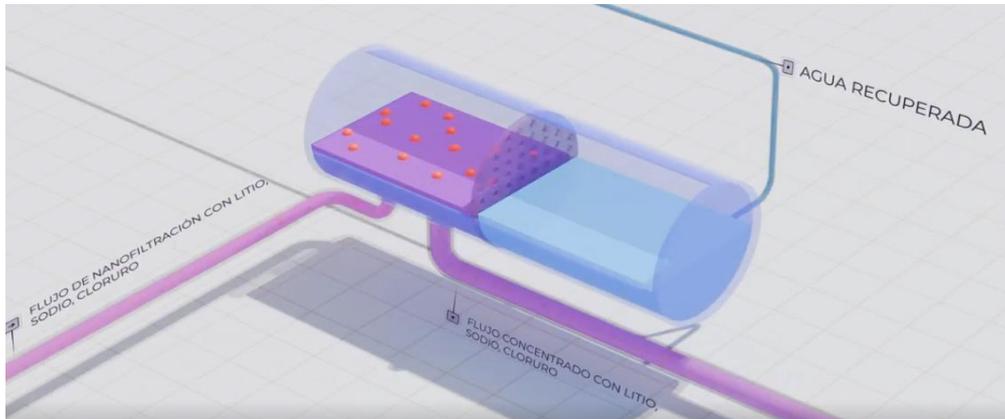


Figura 6.5 Ilustración de equipo de osmosis inversa

Fuente: Eramet

Sistemas de recuperación de agua: Dispositivos que capturan el agua evaporada, permitiendo su reciclaje y reduciendo el consumo neto de agua.

Este enfoque de concentración, además de ser eficiente, se alinea con los principios de una extracción de litio responsable, destacándose por su capacidad de reducir el consumo de agua y maximizar su reutilización.

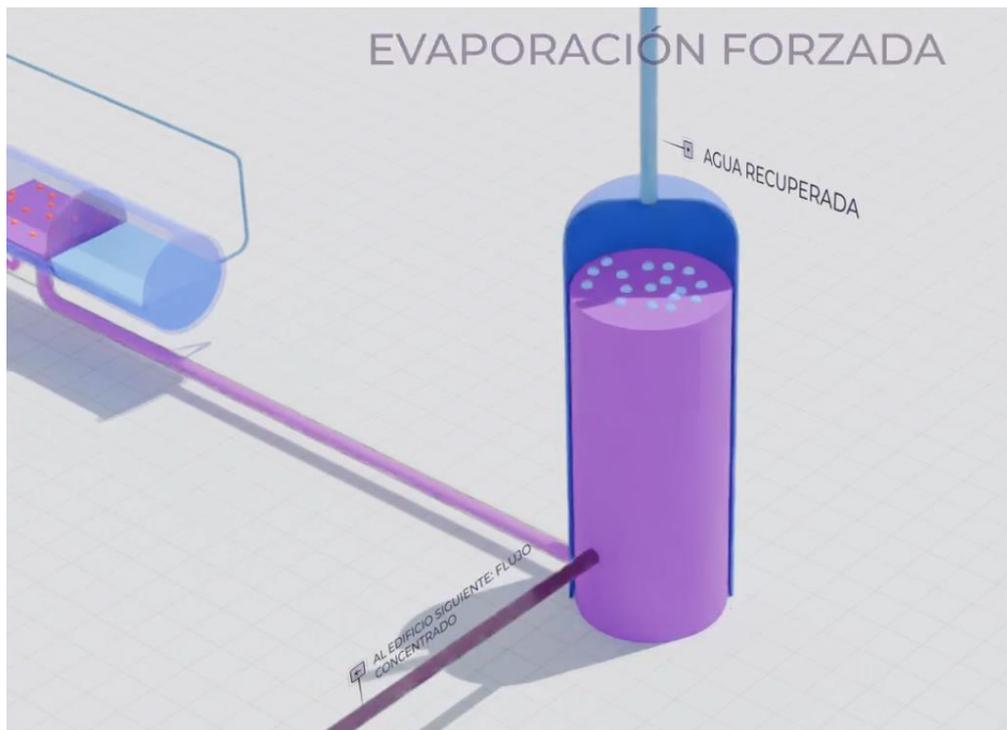


Figura 6.6 Ilustración de equipo de evaporación forzada

Fuente: Eramet



- **Purificación:** En la etapa final del proceso, la solución rica en litio se somete a una purificación adicional para eliminar las últimas impurezas presentes. Este paso es crucial para garantizar que el litio alcanzado cumpla con los estrictos estándares de pureza requeridos para aplicaciones avanzadas, como las baterías para vehículos eléctricos.

Equipos Utilizados

Reactores de mezcla: Una vez purificada, la solución de litio se mezcla con carbonato sódico (Na_2CO_3), lo que da lugar a la formación de carbonato de litio (Li_2CO_3). Este compuesto es el producto final deseado para su uso en baterías.

Con el método cal-sodada se obtiene Li_2CO_3 grado técnico (> 99,5%) que puede re-disolver como bicarbonato soluble, LiHCO_3 , burbujeando CO_2 , filtrar y por aumento de la temperatura eliminar CO_2 y precipitar el carbonato de litio grado batería (>99,9%), con reciclado de CO_2 .

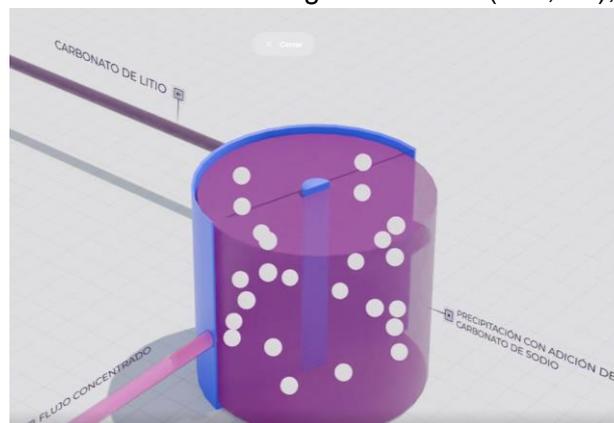


Figura 6.7 Ilustración de equipo de purificación

Fuente: Eramet

Filtrado y lavado: La pulpa formada en el reactor de carbonatación, compuesta por licor madre y carbonato de Litio (sólido), es luego bombeada a un sistema de separación formado por un conjunto de hidrociclones y un filtro de banda para separar el carbonato de litio de la salmuera.

La torta de carbonato de Litio que sale del filtro contiene humedad en peso alrededor del 3%. En el mismo filtro de banda el carbonato de Litio es lavado con agua tratada a una temperatura promedio de 80°C. Desde el filtro de banda, la torta se envía al sistema de secado.

Secado: El carbonato de Litio proveniente del filtro de banda es alimentado al sistema de secado, donde el producto entra en contacto con aire caliente para disminuir su humedad hasta un valor menor que 0,05% (p/p). Se obtiene carbonato de Litio grado batería.

Trituración y compactación: El carbonato de Litio secado es alimentado por medio de un tornillo dentro del compactador. El producto compactado es seguidamente triturado con un molino de martillos y luego clasificado por medio de una criba, obteniendo rangos de

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



partículas de +4750 μm - 250 μm o +850 μm - 70 μm . Estos rangos que son seleccionados dependiendo del producto requerido. Las partículas grandes que estén fuera de estos rangos son recirculadas al molino de martillos hasta alcanzar el tamaño requerido.

- Empaque

El carbonato de Litio con una pureza del 99% es empacado en Big Bags para su posterior comercialización.

6.4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

6.4.1 Bomba de extracción de agua del salar

Analyte	Li	K	B	Na	Ca	Mg	SO ₄	Density
Units	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	g/cm ³
Maximum	956	8,202	2,528	135,362	1,681	2,640	62,530	1.23
Mean	512	4,349	941	105,721	504	1,323	18,930	1.19
Minimum	157	101	62	101	174	314	101	1.07
Std.Dev.	144	1,186	487	16,033	212	412	8,561	0.03

Figura 6.9 Concentraciones máxima, media y mínima de elementos en el Salar Cauchari
Fuente: Advantage Lithium Report

Para estimar un caudal óptimo de salmuera y satisfacer la producción diaria de 18,82 tn/día, tendremos en cuenta los siguientes pasos:

Conversión de la producción diaria de carbonato de litio a equivalente de litio

Peso molecular Li₂CO₃: 73,89 g/mol

Peso molecular Li: 6,94 g/mol

$$\frac{6,94 \text{ g/mol Li}}{73,89 \text{ g/mol Li}_2\text{CO}_3} = 0,0939$$

Por lo tanto, 18,82 tn/día de Li₂CO₃ contienen:

$$18820 \text{ kg/día} * 0,0939 = 1767,2 \text{ kg Li/día}$$

Considerando una concentración de 500 mg Li/L en la salmuera:

$$\text{Caudal de salmuera} = \frac{\text{Producción diaria de Litio}}{\text{Concentración de Litio en salmuera}}$$



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
 “Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



$$\text{Caudal de salmuera} = \frac{1767,97 \text{ kg/día}}{0,5 \text{ kg/m}^3} = 3535,94 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\frac{3535,94 \text{ m}^3/\text{día}}{24 \text{ h}} = 147,33 \text{ m}^3/\text{h} = 41 \text{ L/s}$$

Considerando que el agua es extraída del salar, con un caudal requerido de 41 L/s, la bomba seleccionada pertenece a la empresa Grindex y es apta para las condiciones del agua a utilizar.

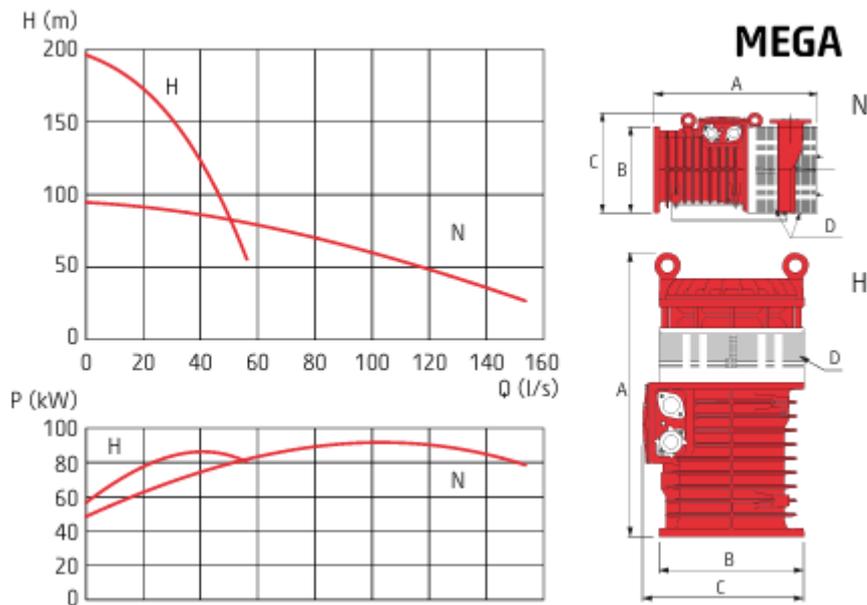


Figura 6.8 Bomba de Alimentación electrosumergible MASTER SH
 Fuente: Catálogo Grindex

Especificaciones técnicas	N	H
Conexión de descarga	6" (DN150)	4" (DN100)
Potencia nominal de salida	90 kW	90 kW
Consumo máximo	95 kW	95 kW
Velocidad del eje	2965 RPM	2965 RPM
Corriente nominal a 400 V	148 A	148 A
Corriente nominal a 500 V	117 A	117 A

A: 1180 mm (N), 1245 mm (H) **B:** 610 mm **C:** 770 mm (N), 680 mm (H)
D: 10x10 mm **Peso:** 900 kg (N), 985 kg (H)

Las especificaciones están sujetas a modificaciones sin previo aviso.

15

Figura 6.8 Tabla de especificaciones técnicas
 Fuente: Catálogo Grindex



Para el caso práctico, consideramos adquirir dos bombas con estas características que se adaptan a nuestra necesidad de caudal y profundidad. El motivo es anticipar a una posible falla de una de estas bombas.

6.4.2 Adsorbedor de lecho fijo

Para dimensionar una torre de adsorción, necesitamos considerar varios factores clave como el flujo de la salmuera, el tiempo de contacto, la capacidad de adsorción del lecho de aluminio, y las características físicas y químicas del proceso.

		MAS Ads- LiAl
<i>Características Físicas</i>	Apariencia	Pellets
	Forma	Granular
	Tamaño de Partícula	2-3 mm
	Densidad bulk adsorción (g/mL)	0,8
<i>Características Químicas</i>	Estructura	Cristal poliamorfo
	Grupo funcional	LiClmAl(OH)3.nH2O
<i>Condiciones de Operación Adsorción</i>	Capacidad de adsorción (mg / g)	5
	Rango Operación de Ph	3-10
	Temperatura (°C)	0-90
	Flujo de alimentación(BV / h)	0,1-20
<i>Condiciones de Operación Elución</i>	Solución de Elución Π	40 ppm Agua litiada
	pH	6,5-7
	Temperatura (°C)	0-90
	Flujo de elución (BV / h)	1 a 20 BV/h

Figura 6.10 Características de sorbentes

Fuente: Informe de Extracción de Litio por Universidad Austral

Se procede a realizar el dimensionamiento del adsorbedor.

1. Cálculo del volumen de adsorbente necesario

Se debe determinar cuánta cantidad de adsorbente es necesaria para capturar el litio presente en el caudal de la salmuera.

Datos:

Caudal de salmuera (Q): 147,26 m³/h

Concentración de litio en la salmuera (C₀): 0,5 g/L = 0,5 kg/m³

Capacidad de adsorción del sorbente (q_r): 5 mg de Li/g de sorbente = 5 g de Li/kg de sorbente

Densidad aparente del sorbente (ρ_a): 0,8 g/mL = 800 kg/m³

Primero, calculamos la cantidad total de litio presente en el flujo de salmuera por hora:

$$MLi = Q * Co = 147,26 \text{ m}^3/\text{h} * 0,5 \text{ kg}/\text{m}^3 = 73,63 \text{ kg Li}/\text{h}$$

Luego, calculamos la cantidad de sorbente requerida para adsorber esta cantidad de litio, usando la capacidad de adsorción del sorbente:



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



$$M_{\text{sorbente}} = \frac{MLi}{qr} = \frac{73,63 \text{ kg Li/h}}{5 \text{ g Li/kg sorbente}} = 14,726 \text{ kg sorbente}$$

2. Cálculo del volumen de adsorbente

Con la densidad aparente del sorbente, podemos calcular el volumen del sorbente necesario:

$$V_{\text{sorbente}} = \frac{M_{\text{sorbente}}}{\text{Densidad sorbente}} = \frac{14,726 \text{ kg/h}}{800 \text{ kg/m}^3} = 18,41 \text{ m}^3$$

3. Cálculo del tiempo de contacto

Para calcular el tiempo de contacto, podemos realizar un balance de masa del litio en la torre de adsorción. El balance de masa para el litio es:

$$Q * (C_0 - C_e) = q_s * M_{\text{sorbente}}$$

Donde:

Q es el caudal volumétrico de la salmuera (147,26 m³/h).

C₀ es la concentración de litio en la entrada (0,5 g/L).

C_e es la concentración de litio en la salida (depende del nivel de remoción deseado, por ejemplo, podemos asumir que se reduce a un 10% del valor original, entonces C_e=0,05 g/L)
q_s es la cantidad de litio adsorbido por el sorbente (5 mg de Li/g de sorbente = 5 g de Li/kg de sorbente).

M_{sorbente} es la masa de sorbente utilizada (14.726 kg, calculado previamente).

$$q_s = \frac{Q * (C_0 - C_e)}{M_{\text{sorbente}}}$$
$$q_s = \frac{147,26 \text{ m}^3/\text{h} * (0,5 - 0,05) \text{ g/L}}{14,726 \text{ kg sorbente}}$$
$$q_s = 4,5 \text{ g Li/kg sorbente}$$

→ Cálculo del tiempo de contacto

Para calcular el **tiempo de contacto** podemos usar la siguiente fórmula, derivada de la cinética de adsorción:

$$t_{\text{contacto}} = \frac{V_{\text{sorbente}}}{Q_{\text{superficial}}}$$

Donde:

V_{sorbente} es el volumen total de sorbente (18,41 m³, calculado previamente).

Q_{superficial} es el caudal volumétrico de la salmuera,

$$t_{\text{contacto}} = \frac{V_{\text{sorbente}}}{Q_{\text{superficial}}}$$

$$t_{\text{contacto}} = \frac{18,41 \text{ m}^3}{147,26 \text{ m}^3/\text{h}} = 0,125 \text{ h}$$

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



4. Cálculo de la altura de la torre de adsorción

→ Cálculo de la velocidad superficial

La velocidad superficial (v_s) es el caudal dividido por el área transversal de la torre, que ya calculamos:

$$v_s = \frac{Q}{A} = \frac{147,26 \text{ m}^3/\text{h}}{3,1416 \text{ m}^2} = 46,89 \text{ m/h}$$

→ Cálculo de la altura de la torre

Usamos la relación entre el tiempo de contacto (t_c) y la velocidad superficial para calcular la altura de la torre (H):

$$H = v_s * t$$
$$H = 46,89 \text{ m/h} * 0,125 \text{ h} = 5,86 \text{ m}$$

→ Cálculo del Agua desmineralizada

El agua de make up (reposición) para la elución es de aproximadamente un 20 %, con relación al caudal de salmuera extraído de los pozos. Esto significa que el agua desmineralizada con alrededor de 40 ppm de litio ingresa al sistema por única vez para la elución en una cantidad igual al 80 % del caudal de salmuera extraída de los pozos.

$$\text{Agua desmineralizada} = 0,8 * 147,26 \text{ m}^3/\text{h} = 117,808 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 117,808 \text{ m}^3/\text{h} = \text{corriente que ingresa al siguiente equipo del proceso.}$$

→ Concentración de Litio en la corriente de elución

En la adsorción se llega a obtener un eluato con una concentración de litio tres veces mayor a la concentración de la alimentación. Entonces, si nuestra alimentación contaba con 0,5g/L nuestra corriente de elución tendrá 1,5g/L.

Para seleccionar un equipo que satisfaga nuestros requerimientos, procedimos a buscar una torre de adsorción en distintos proveedores y la que mejor se adaptó fue una torre de adsorción de carbón activado para gas residual orgánico que si bien no es para lo que se usará, nos sirve para tener una idea de las dimensiones de la misma.

Se selecciona de acuerdo con la altura calculada (5,86m), resultando que elegimos 2 columnas de adsorción HXF-800.



Modelo	Capacidad de manejo de aire	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Entrada (mm)	Salida (mm)
	(m3/min)					
HXF-60	60	2000	1100	1200	320	320
HXF-80	80	2500	1200	1200	400	400
HXF-100	100	2600	1300	1500	450	450
HXF-150	150	3000	1500	1600	560	560
HXF-180	180	3300	1800	1800	630	630
HXF-200	200	3100	2200	1300	630	630
HXF-250	250	3300	2300	1600	700	700
HXF-300	300	3600	2400	1800	800	800
HXF-350	350	3900	2500	1800	900	900
HXF-450	450	4200	2600	2200	1000	1000
HXF-600	600	4600	2700	2400	1120	1120
HXF-700	700	5200	2800	2400	1250	1250
HXF-800	800	5500	3000	2600	1400	1400

Tabla 6.1 Parámetros técnicos de torre de adsorción
 Fuente: Runcheng group - Petrochemical equipment

6.4.3 Membranas equipo nanofiltración

La etapa de membranas (NF) tiene como objetivo reducir Mg y Ca residual y mejorar la performance del siguiente proceso de ósmosis inversa.

La nanofiltración se refiere a un proceso de membrana especial que rechaza partículas en el rango de tamaño aproximado de 1 nanómetro (10 Å). Las sales que tienen aniones monovalentes (por ejemplo, cloruro de sodio o cloruro de calcio) tienen rechazos del 20 al 80%, mientras que las sales con aniones divalentes (por ejemplo, sulfato de magnesio) tienen rechazos más altos del 90 al 98%. Las presiones transmembrana suelen ser de 50 a 225 psi (3,5 a 16 bar).

La empresa Dupont desarrolla una membrana de alta productividad que permite una mayor recuperación de agua y litio y/o un menor consumo de energía.

FilmTec™ Element	Active Area ft² (m²)	Feed Spacer Thickness (mil)	Permeate Flow Rate gpd (m³/d)	Stabilized Salt Rejection (%)	Minimum Salt Rejection (%)
LiNE-XD	400 (37)	34	9,025 (34)	99.2	98.0

Figura 6.11 Propiedades estándar de membranas de Nanofiltración
 Fuente: Catálogo Dupont



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
 “Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
 Nanofiltración”

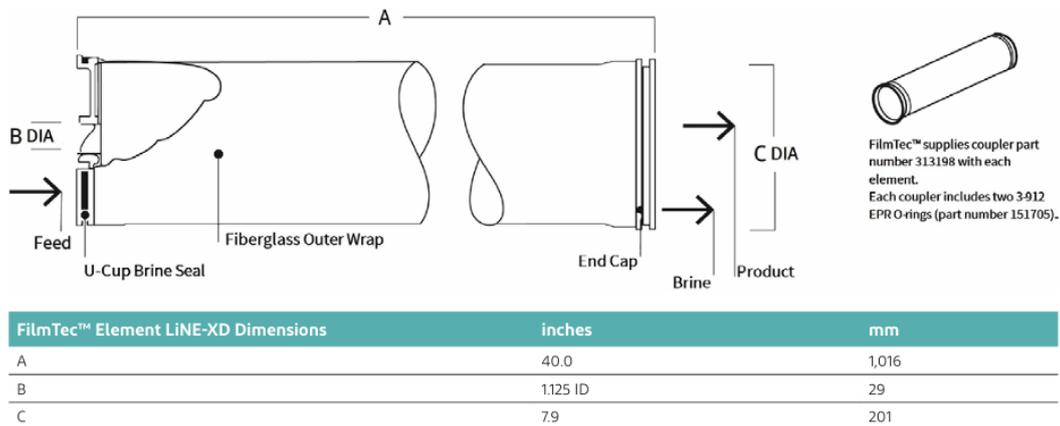


Figura 6.12 Dimensiones de membranas de Nanofiltración

Fuente: Catálogo Dupont

General	Details	
Membrane Type	Nanofiltration Thin-Film Composite	
Maximum Operating Temperature ¹	113°F	45°C
Maximum Operating Pressure	600 psig	41 bar
Maximum Pressure Drop		
Per Element	15 psig	1.0 bar
Per Pressure Vessel (Minimum 4 Elements)	50 psig	3.5 bar
pH Range		
Continuous Operation ¹	3 - 10	
Short-Term Cleaning (30 min.) ²	1 - 12	
Maximum Feed Flow ³	75 gpm	17 m ³ /hr
Maximum Feed Silt Density Index	SDI 5	
Free Chlorine Tolerance ⁴	< 0.1 ppm	

Figura 6.13 Condiciones de operación de membranas de Nanofiltración

Fuente: Catálogo Dupont

El caudal máximo de alimentación por módulo es de 117,08 m³/h = 2827,392m³/día.

$$\begin{aligned} \text{Caudal de alimentación} &= 117,808 \text{ m}^3/\text{h} = 2827,392 \text{ m}^3/\text{día} \\ \text{Número de módulos} &= \frac{2827,392 \text{ m}^3/\text{día}}{408 \text{ m}^3/\text{día por módulo}} = 6,92 \text{ módulos} \end{aligned}$$

Se necesitan 7 módulos de nanofiltración para manejar este caudal de alimentación. Luego calculamos el flujo de permeado el cual se calcula considerando la eficiencia de la membrana (rechazo de sales) y el caudal de alimentación.

$$\begin{aligned} Q_{\text{permeado}} &= Q * (1 - \text{Rechazo membrana}) \\ Q_{\text{permeado}} &= 2827,392 \text{ m}^3/\text{día} * (1 - 0,98) \\ Q_{\text{permeado}} &= 56,55 \text{ m}^3/\text{día} \\ Q_{\text{concentrado}} &= 2827,392 \text{ m}^3/\text{día} - 56,55 \text{ m}^3/\text{día} = 2770,84 \text{ m}^3/\text{día} \end{aligned}$$



Teniendo en cuenta el rendimiento de 34 m³/día, el número de membranas necesarias será de 2 membranas por módulo, en total, considerando los 7 módulos necesitaríamos 14 membranas.

De la ficha técnica:

Longitud (A): 40 pulgadas \approx 1.016 metros Diámetro (C): 7,9 pulgadas \approx 0.201 metros

Cada módulo contiene 2 membranas en serie. Por lo tanto, la longitud del módulo será el doble de la longitud de una membrana. Además, se considera un incremento del 20% en el tamaño para los portamembranas y conexiones necesarias.

Longitud del módulo (A): $1.016 \times 1,2 = 1,219$ metros

Ancho del módulo (C): $0.201 \times 1,2 = 0.241$ metros

Se colocarán los 7 módulos, con 2 módulos por fila, dejando espacio adicional para mantenimiento y tuberías. Cada fila tendrá el largo del módulo completo y para el ancho se consideran 0.5 metros de espacio entre cada módulo para mantenimiento.

$$\text{Ancho total} = 7 \times 0,241 \text{ m} + 6 \times 0,5 = 4,687 \text{ metros}$$

Añadimos un 30% de espacio adicional para válvulas y el tablero de control.

$$\text{Área total sin accesorios} = 1,219 \text{ m} \times 4,687 \text{ m} = 5,713 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 5,713 \text{ m}^2 \times 1,3 = 7,427 \text{ m}^2$$

El área total del equipo se estima de 8 m² totales.

6.4.4 Equipo de Ósmosis Inversa

Caudal = 114,72 m³/h

Concentración de sales: 9%

CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ÓSMOSIS INVERSA

1. Flujo de Permeado Q_{permeado}

El flujo de permeado se calcula considerando la eficiencia de la membrana (rechazo de sales) y el caudal de agua salinizada.

$$Q_{\text{permeado}} = Q * (1 - \text{Rechazo membrana})$$

Vamos a suponer un rechazo de la membrana del 98% para las sales, lo cual es típico para membranas de ósmosis inversa.

$$Q_{\text{permeado}} = 114,72 \text{ m}^3/\text{h} * (1 - 0,98)$$

$$Q_{\text{permeado}} = 2,2944 \text{ m}^3/\text{h}$$



2. Flujo Concentrado $Q_{concentrado}$

El flujo de concentrado es el caudal de agua salinizada que no pasa a través de la membrana y continúa como salmuera concentrada.

$$\begin{aligned}Q_{concentrado} &= Q - Q_{permeado} \\Q_{concentrado} &= 114,72 \text{ m}^3/\text{h} - 2,2944 \text{ m}^3/\text{h} \\Q_{concentrado} &= 112,42 \text{ m}^3/\text{h}\end{aligned}$$

3. Concentración de Litio en el Permeado y Concentrado:

Concentración en el permeado (Q_p)

$$C_p = 1,5 \text{ g/L} \times (1 - 0,995) = 0,0075 \text{ g/L}$$

Concentración en el Concentrado

Utilizamos el balance de masas para determinar la concentración de litio en el concentrado (C_c):

$$C_c = \frac{(Q_0 \times C_0) - (Q_p \times C_p)}{Q_c} = \frac{(114,72 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,5 \text{ g/L}) - (2,2944 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,0075 \text{ g/L})}{112,42 \text{ m}^3/\text{h}} = 1,76 \text{ g/L}$$

4. Dimensionamiento del sistema

Área de membrana

El área de membrana necesaria se determina dividiendo el flujo de permeado entre la velocidad de flujo específica por unidad de área de membrana.

La velocidad de flujo depende del tipo y la especificación de la membrana de ósmosis inversa seleccionada.

Velocidad de permeado

Este valor depende del diseño de la membrana y puede variar, pero típicamente se encuentra en el rango de 15 a 30 litros por metro cuadrado por hora ($\text{L}/\text{m}^2/\text{h}$).

Tomando un valor promedio de velocidad de flujo de permeado de $25 \text{ L}/\text{m}^2/\text{h} = 0,025 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$:

$$\begin{aligned}\text{Área membrana} &= \frac{Q_{permeado}}{V_{permeado}} \\ \text{Área membrana} &= \frac{2,2944 \text{ m}^3/\text{h}}{0,025 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})} = 91,77 \text{ m}^2\end{aligned}$$



Número de membranas

Parámetros	Agua residual	Agua de pozo		Agua de red	Agua permeada
SDI	<3	<3	<5	<3	<1
Flujo medio operación (gfd)	13	17-19	15-17	19	21
Permeado X membrana (gpm)	0.8	1-1.1	0.9-1	1.1	1.25

SDI: índice de ensuciamiento

gfd: galones/pie².día

Membranas comerciales 4" (85pie²)

FLUX: flujo medio de operación

Q= 2753,3 m³/día = 505 gpm

$$\text{Número membranas} = \frac{Q}{\text{FLUX} * A}$$

$$\text{Número membranas} = \frac{505 \text{ GPM}}{18 \text{ gfd} * 990 \text{ pie}^2} = 40,80 \text{ membranas} \approx 41 \text{ membranas}$$

Presión de operación

La presión de operación requerida en un sistema de ósmosis inversa se determina por la presión osmótica de la salmuera y las pérdidas de presión en el sistema.

Presión Osmótica

$$P_{\text{osmótica}} = \sigma * \Delta C$$

σ es el coeficiente de reflexión de la membrana (generalmente cerca de 1 para soluciones de sales).

ΔC es la diferencia de concentración efectiva entre la salmuera y el permeado.

Para el cálculo vamos a considerar las sales con mayor importancia y permanencia en el proceso:

$$P_{\text{osmótica}} = \Delta P_{\text{osmótica LiCl}} + \Delta P_{\text{osmótica MgCl}_2} + \Delta P_{\text{osmótica KCl}}$$

$$P_{\text{osmótica}} = (1 * 0,06) + (1 * 0,02) + (1 * 0,01)$$

$$P_{\text{osmótica}} = 0,09 \text{ atm}$$

Concluimos que una presión osmótica de 0.09 atm indica que se requerirá una presión relativamente baja para operar el sistema de ósmosis inversa. Esto es favorable porque significa que se necesitará menos energía para superar la presión osmótica y producir agua purificada.



Al requerir menos presión de operación, el sistema puede ser más eficiente en términos de consumo energético.

Modelo #	Flujo de Permeado		Cant. de Membranas de 8" (Una Etapa)	Potencia del Motor (HP) a 42.000 ppm		Peso Aprox. (lb)	Dimensiones L"xW"xH"
	gpd	m3/d		60Hz	50Hz		
SW-168K-6780	168,000	636	42	125	125	16,000	325x80x85

Figura 6.14 Especificaciones y Dimensiones de la membrana
Fuente: Catálogo PureAqua

6.4.5 Evaporador

El objetivo es aumentar la concentración de litio mediante la eliminación controlada del agua. Se busca concentrar el litio de 1,76 g/L a 20 g/L.

En este caso vamos a utilizar un evaporador doble efecto contra corriente, es decir, en el que la alimentación va del **segundo efecto al primer efecto**.

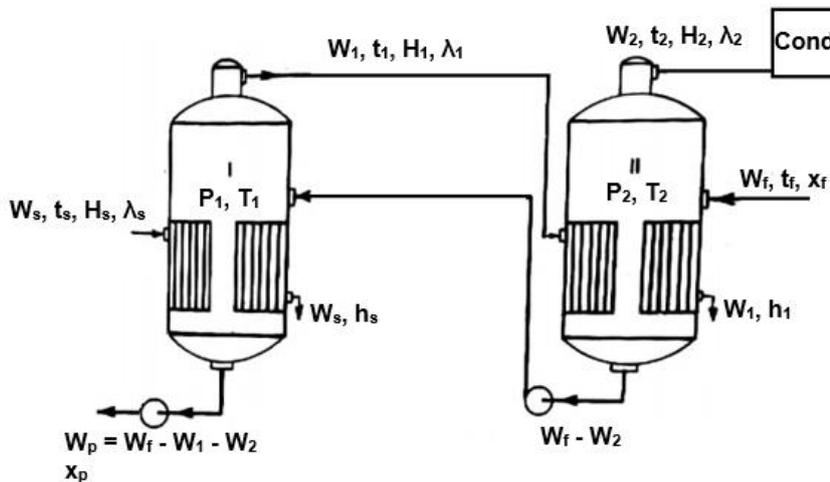
En principio, el vapor de una fuente externa calentará la salmuera en el primer efecto, utilizando el vapor generado por este como fuente de calor para el segundo efecto, como la presión es más baja en el segundo efecto, el agua puede hervir a una menor temperatura. Se justifica esta elección en términos de eficiencia energética.

$$\text{Caudal de salmuera de alimentación} = 112,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Masa de salmuera inicial} = 112,42 \text{ m}^3/\text{h} \times 1190 \text{ kg/m}^3 = 133779,80 \text{ kg/h}$$

$$\text{Porcentaje en peso} = (1,76 \text{ g/L}) / 1190 \text{ g/L} * 100 = 0,15$$

$$\text{Porcentaje en peso} = (20 \text{ g/L}) / 1190 \text{ g/L} * 100 = 1,68$$



Datos de vapor vivo en el primer efecto:

$$P_s = 2,5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad T_s = 126,8 \text{ }^\circ\text{C} \quad r_s = 521,5 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$



Datos del segundo efecto

En este caso suponemos una $T = 40^\circ\text{C}$, quedando:

$$P_2 = 0,0753 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad T_2 = 40^\circ\text{C} \quad r_2 = 540,24 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

Datos del primer efecto

$$P_1 = 0,716 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad T_1 = 90^\circ\text{C} \quad r_1 = 505,63 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

BALANCE DE MASAS

$$W_f * x_f = W_p * x_p$$

Despejando W_p obtenemos:

$$W_p = \frac{x_f}{x_p} * W_f = \frac{0,15}{1,68} * 133779,80 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 11944,62 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$W_p = W_f - W_2 - W_1$$

$$W_2 + W_1 = W_f - W_p = (133779,80 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - 11944,62 \frac{\text{kg}}{\text{h}})$$

$$W_2 + W_1 = 121835,12 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (1)$$

$$\text{Porcentaje de agua evaporada} = 91,07\%$$

BALANCE DE ENERGÍA

La ecuación general sobre la cual se realizarán los cálculos es la siguiente:

$$\sum \text{calor que ingresa} = \sum \text{calor que egresa}$$

Balace en el segundo efecto

$$W_1 * H_1 + W_f * h_f = W_2 * H_2 + W_1 * h_1 + (W_f - W_2) * h_1$$

Reagrupando términos, la ecuación resulta:

$$W_1 * (H_1 - h_1) + W_f * (h_f - h_2) = W_2 * (H_2 - h_2)$$

Donde:

$$r_1 = (H_1 - h_1)$$

$$r_2 = (H_2 - h_2)$$

$$h_2 = c * (t_2 - t_0)$$

$$h_f = c * (t_f - t_0)$$

H = entalpía de vapor, h = entalpía de líquido

Finalmente, el balance del segundo efecto, donde ingresa la alimentación, es:

$$W_1 * r_1 + W_f * c_p * (t_f - t_2) = W_2 * r_2 \quad (2)$$

Balace en el primer efecto

Bajo la misma condición general para el balance, se obtiene la siguiente igualdad:

$$W_s * H_s + (W_f - W_2) * h_2 = W_1 * H_1 + (W_f - W_1 - W_2) * h_1 + W_s * h_s$$



Reagrupando términos, la ecuación resulta:

$$W_s * (H_s - h_s) + (W_f - W_2) * (h_2 - h_1) = W_1 * (H_1 - h_1)$$

Donde:

$$\begin{aligned} r_s &= (H_s - h_s) \\ r_1 &= (H_1 - h_1) \\ h_1 &= c * (t_1 - t_0) \\ h_2 &= c * (t_2 - t_0) \end{aligned}$$

Finalmente, reemplazando estos términos, la ecuación de balance en el primer efecto resulta:

$$W_s * r_s + (W_f - W_2) * cp * (t_2 - t_1) = W_1 * r_1 \quad (3)$$

RESOLUCIÓN

De (2):

$$\begin{aligned} W_1 * r_1 + W_f * cp * (t_f - t_2) &= W_2 * r_2 \\ W_1 * 505,63 \frac{kcal}{kg} + 133779,80 \frac{kg}{h} * 1 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} * (20 - 40)^{\circ}C &= W_2 * 540,24 \frac{kcal}{kg} \\ - W_2 * 540,24 \frac{kcal}{kg} + W_1 * 505,63 \frac{kcal}{kg} &= 2675596 \frac{kcal}{h} \quad (4) \end{aligned}$$

De (1) despejo "W₂":

$$W_2 + W_1 = 121835,18 \frac{kg}{h} \quad \rightarrow \quad W_2 = 121835,18 \frac{kg}{h} - W_1 \quad (5)$$

Reemplazo (5) en (4):

$$-(121835,18 \frac{kg}{h} - W_1) * 540,24 \frac{kcal}{kg} + W_1 * 505,63 \frac{kcal}{kg} = 2675596 \frac{kcal}{h}$$

Despejando obtenemos W₁:

$$W_1 = 65491,70 \frac{kg}{h} \quad (6)$$

Reemplazo (6) en (5):

$$\begin{aligned} W_2 &= 121835,18 \frac{kg}{h} - 65491,70 \frac{kg}{h} \\ W_2 &= 56343,40 \frac{kg}{h} \end{aligned}$$

De (3) se calcula "W_s":

$$\begin{aligned} W_s * r_s + (W_f - W_2) * cp * (t_2 - t_1) &= W_1 * r_1 \\ W_s * 521,5 \frac{Kcal}{Kg} + \left(133779,80 \frac{Kg}{h} - 56343,40 \frac{Kg}{h}\right) * 1 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} * (40^{\circ}C - 90^{\circ}C) &= 65491,70 \frac{Kg}{h} * 505,63 \frac{Kcal}{Kg} \\ W_s &= 70923 \frac{Kg}{h} \end{aligned}$$

Conocidos los flujos de producto, vapor vivo y vapores extraídos, ahora calcularemos el área de transferencia de los intercambiadores en cada efecto.



	Presión (kg/cm ²)	Temperatura (°C)	Calor de vap. (kcal/kg)
S	2,5	126,8	521,5
1	0,716	90	505,63
2	0,0753	40	540,24

CÁLCULO DE ÁREAS

Área de primer efecto

$$Q_1 = A_1 * U_1 * \Delta T \rightarrow A_1 = \frac{Q_1}{U_1 * \Delta T}$$

Donde:

Q₁ es el calor liberado por el vapor de alimentación.

U es el coeficiente global de transmisión.

A₁ es el área de transferencia del intercambiador del efecto.

$$A_1 = \frac{Q_1}{U_1 * \Delta T} = \frac{W_s * r_s}{U_1 * (t_s - t_1)} = \frac{70923 \frac{Kg}{h} * 521,5 \frac{Kcal}{kg}}{4000 \frac{kcal}{m^2 h^\circ C} * (126,8^\circ C - 90^\circ C)} = 251,2 m^2$$

Área de segundo efecto

$$Q_2 = A_2 * U_2 * \Delta T \rightarrow A_2 = \frac{Q_2}{U_2 * \Delta T}$$

Donde Q₂ es el calor liberado por el vapor del primer efecto, que es de alimentación en el segundo efecto.

$$A_2 = \frac{Q_2}{U_2 * \Delta T} = \frac{W_1 * r_1}{U_2 * (t_1 - t_2)} = \frac{65491,70 \frac{kg}{h} * 505,63 \frac{Kcal}{kg}}{4500 \frac{kcal}{m^2 h^\circ C} * (90^\circ C - 40^\circ C)} = 147,2 m^2$$

Las áreas calculadas presentan una gran disparidad entre sí, superando el 5% de variación permitida para considerarlas iguales. Este error podría haber surgido porque la presión de operación en el primer efecto se tomó como un promedio de presiones, en lugar de utilizar un valor exacto. Por lo cual se debe recalcular como:

$$\Delta T_1 = \frac{Q_1}{U_1 * A_1}$$

$$\Delta T_2 = \frac{Q_2}{U_2 * A_2}$$

Como se desea que A₁ = A₂, entonces:

$$\Delta T_1 + \Delta T_2 = \frac{Q_1}{U_1 * A_1} + \frac{Q_2}{U_2 * A_2} = \frac{1}{A} * \left[\frac{Q_1}{U_1} + \frac{Q_2}{U_2} \right]$$

Lo que equivale a decir:

$$\Delta T_{total} = \frac{1}{A} * \sum \left[\frac{Q_i}{U_i} \right]$$



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_{total}} = \frac{\frac{Q_1}{U_1}}{\sum \left[\frac{Q_i}{U_i} \right]} \quad (a)$$

Entonces:

$$\frac{Q_1}{U_1} = \frac{W_s * r_s}{U_1} = \frac{70923 \frac{kg}{h} * 521,5 \frac{kcal}{kg}}{4000 \frac{kcal}{h * m^2 * ^\circ C}} = 9246,6 m^2 * ^\circ C$$

$$\frac{Q_2}{U_2} = \frac{W_1 * \lambda_1}{U_2} = \frac{65491,70 \frac{Kg}{h} * 505,6 \frac{Kcal}{Kg}}{4500 \frac{kcal}{h * m^2 * ^\circ C}} = 7358,8 m^2 * ^\circ C$$

La sumatoria es:

$$\sum \left[\frac{Q_i}{U_i} \right] = 9246,6 m^2 * ^\circ C + 7358,8 m^2 * ^\circ C = 16605,4 m^2 * ^\circ C$$

Por otro lado, se debe calcular la variación de temperatura total

$$\Delta T_{total} = \Delta T_1 + \Delta T_2 = (t_s - t_1) + (t_1 - t_2)$$

$$\Delta T_{total} = t_s - t_2 = (126,8 - 40)^\circ C = 86,8^\circ C$$

De (a):

$$\Delta T_1 = 86,8^\circ C * \frac{9246,6 m^2 * ^\circ C}{16605,4 m^2 * ^\circ C} = 48,3^\circ C$$

Conocido ΔT_1 , es posible calcular la temperatura t_1 y realizar el cálculo de flujos y áreas nuevamente, pero con la temperatura y presión correctas.

$$\Delta T_1 = t_s - t_1 \rightarrow t_1 = t_s - \Delta T_1$$

La temperatura de trabajo del primer efecto es:

$$t_1 = (126,8 - 48,3)^\circ C = 78,5^\circ C$$

Esto implica que la presión de trabajo es mucho menor a la cual trabajamos anteriormente.

Los nuevos datos interpolados son:

	Presión (kg/cm ²)	Temperatura (°C)	Calor de vap. (kcal/kg)
S	2,5	126,8	521,5
1	0,484	78,5	512,70
2	0,075	40	540,24

$$W_2 + W_1 = 121835,12 \frac{Kg}{h} \quad (1)$$

$$W_1 * r_1 + W_f * c * (t_f - t_2) = W_2 * r_2 \quad (2)$$

$$W_s * r_s + (W_f - W_2) * c * (t_2 - t_1) = W_1 * r_1 \quad (3)$$

De (2):

$$W_1 * 512,7 \frac{kcal}{kg} + 133779,80 \frac{kg}{h} * 1 \frac{kcal}{kg^\circ C} * (20 - 40)^\circ C = W_2 * 540,24 \frac{kcal}{kg}$$

$$- W_2 * 540,24 \frac{kcal}{kg} + W_1 * 512,7 \frac{kcal}{kg} = 2675596 \frac{kcal}{h} \quad (4)$$

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



De (1) despejo " W_2 ":

$$W_2 = 121835,12 \frac{kg}{h} - W_1 \quad (5)$$

Reemplazo (5) en (4):

$$-(121835,12 \frac{kg}{h} - W_1) * 540,24 \frac{kcal}{kg} + W_1 * 512,7 \frac{kcal}{kg} = 2675596 \frac{kcal}{h}$$

Despejando obtenemos W_1 :

$$W_1 = 65051,9 \frac{Kg}{h} \quad (6)$$

Reemplazo (6) en (5):

$$W_2 = 121835,12 \frac{kg}{h} - 65051,9 \frac{Kg}{h}$$

$$W_2 = 56783,22 \frac{Kg}{h}$$

De (3) calculamos " W_s ":

$$W_s * r_s + (W_f - W_2) * cp * (t_2 - t_1) = W_1 * r_1$$

$$W_s * 521,5 \frac{Kcal}{Kg} + \left(133779,80 \frac{Kg}{h} - 56783,22 \frac{Kg}{h}\right) * 1 \frac{kcal}{kg^\circ C} * (40^\circ C - 78,5^\circ C) = 65051,9 \frac{Kg}{h} * 512,7 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$W_s = 69638,5 \frac{Kg}{h}$$

Procedemos a calcular el calor necesario en el evaporador:

$$Q_1 = W_s * r_s = 69638,5 \frac{Kg}{h} * 521,5 \frac{Kcal}{kg} = 36,31 * 10^6 \frac{Kcal}{h}$$

Conocidas las corrientes de vapor, ahora calculamos las áreas de los intercambiadores con los datos obtenidos.

Área de transferencia del primer efecto

$$Q_1 = A_1 * U_1 * \Delta T \rightarrow A_1 = \frac{Q_1}{U_1 * \Delta T}$$

$$A_1 = \frac{Q_1}{U_1 * \Delta T} = \frac{W_s * r_s}{U_1 * (t_s - t_1)} = \frac{69638,5 \frac{kg}{h} * 521,5 \frac{Kcal}{kg}}{4000 \frac{kcal}{m^2 h^\circ C} * (126,8^\circ C - 78,5^\circ C)} = 187,9 m^2$$

Área de transferencia del segundo efecto

$$Q_2 = A_2 * U_2 * \Delta T \rightarrow A_2 = \frac{Q_2}{U_2 * \Delta T}$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{U_2 * \Delta T} = \frac{W_1 * r_1}{U_2 * (t_1 - t_2)} = \frac{65051,9 \frac{kg}{h} * 512,7 \frac{Kcal}{kg}}{4500 \frac{kcal}{m^2 h^\circ C} * (78,5^\circ C - 40^\circ C)} = 192,5 m^2$$

Verificación:

$$A_2 = 0,05 * 192,5 m^2 = 9,625 m^2$$

$$192,5 m^2 - 9,625 m^2 = 182,87 m^2$$



Como se observa, las áreas difieren un poco más del 5%, lo cual significa que hay un porcentaje de error, el cual puede calcularse:

$$error = \frac{(187,9)}{182,87} = 1,02\%$$

Calculamos el área media:

$$A_{media} = \frac{A_1 + A_2}{2} = \frac{(187,9 + 192,5)m^2}{2}$$

$$A_{media} = 190,2 m^2$$

Parámetro	Unidades	10000	30000	40000	50000	60000	80000	100000	120000
Capacidad	L/día	10000	30000	40000	50000	60000	80000	100000	120000
Consumo eléctrico	kWh	21,3	27	29	31	36	44	495	54
Dimensiones (L x W x H)	mm	4500	7000	6650	8410	8410	9000		
		x	x	x	x	x	x	10400	12000
		3100	3900	3900	3900	3900	6310	x 6500	x 6800
		x	x	x	x	x	x	x 5800	x 6100
		3970	5100	5530	5475	5530	5540		

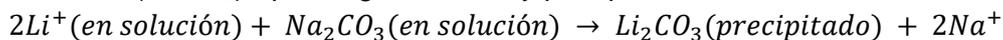
Figura 6.15 Tabla especificaciones evaporador

Fuente: Catálogo Condorchem

$$\text{Área total evaporador} = 12 m \times 6,8 m = 81,6 m^2 \approx 82 m^2$$

6.4.6 Reactor de mezcla

La reacción entre el carbonato de sodio (Na_2CO_3) y el litio presente en la salmuera produce carbonato de litio (Li_2CO_3), que luego cristaliza y precipita en el reactor.



Datos:

Producción de Li_2CO_3 : 18,82 toneladas/día (18.820 kg/día).

Caudal de la salmuera: 10,03 m³/h

El tiempo de residencia del reactor se toma en base a datos experimentales.

$$\theta_{residencia} = 60 \text{ min}$$

$$Fv^0 = 10,03 m^3/h = 0,1671 m^3/min$$

$$\theta_{residencia} = \frac{V}{Fv^0}$$

$$60 \text{ min} = \frac{V}{0,1671 m^3/min}$$

$$V = 10,026 m^3$$



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
 “Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



RS-96 Series

	3000 gal.	4000 gal.
Design pressure (psig)		
Internal @ 450°F	125/FV	125/FV
Jacket @ 450°F	100/FV	100/FV
Capacity (gallons)		
Working	3000	4000
Top Head	501.4	501.4
Bottom Head	501.4	501.4
Per Inch of Straight Side	31.3	31.3
To Bottom of Impeller Blade	133.5	133.5
To Top of Impeller Blade	408	408
To Bottom of Baffle	232-1/2	232-1/2
Jacket	366	453

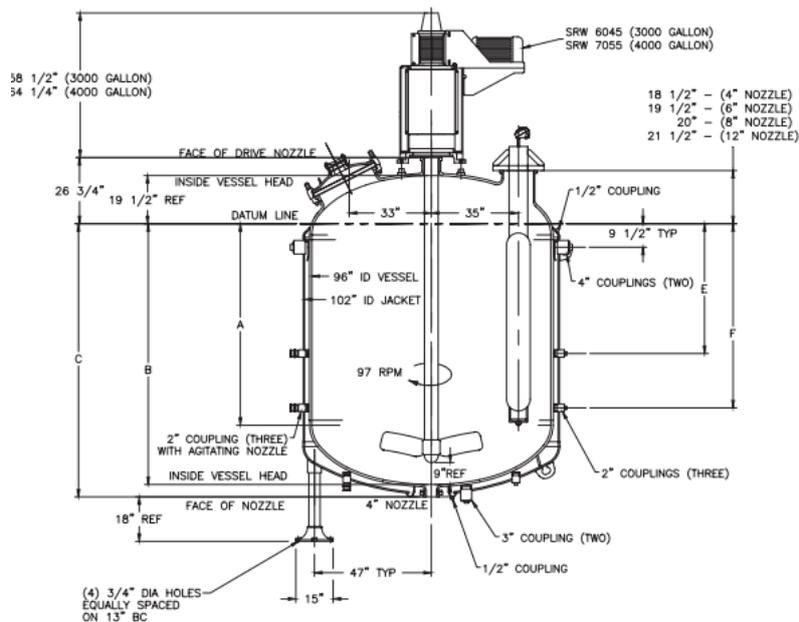


Figura 6.16 Especificaciones y Dimensiones de Reactores de mezcla
 Fuente: Catálogo Pfaudler



6.4.7 Filtro de bandas y secador

Para calcular el secado de 126,8 kg/h de carbonato de litio con una humedad inicial del 30% y un contenido final deseado del 0.05% (p/p), y con una densidad de 2.11 g/cm³, se seguirán los siguientes pasos:

$$12,68 \text{ m}^3/\text{h} \times 1000 \text{ L/m}^3 \times 10 \text{ g/L} = 126800 \text{ g/h} = 126,8 \text{ kg/h solución de Li}_2\text{CO}_3$$

DATOS

Cantidad de carbonato de litio: 126,8 kg/h

Humedad inicial: 30% p/p

Humedad final deseada: 0.05% p/p

Densidad del carbonato de litio: 2.11 g/cm³ (2110 kg/m³)

CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA A ELIMINAR

a) Cálculo de la masa de agua inicial

La masa de agua en el carbonato inicial se calcula como:

$$\text{Masa de agua inicial} = \text{Cantidad total} \times \text{Humedad inicial} = 126,8 \text{ kg/h} \times 0,30 = 38,04 \text{ kg/h}$$

b) Cálculo de la masa de agua final

La masa final del carbonato después del secado debe ser:

$$\begin{aligned} \text{Masa final} &= \text{Cantidad total} \times (1 - \text{Humedad final}) \\ \text{Masa} &= 126,8 \text{ kg/h} \times (1 - 0,0005) = 126,73 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

c) Cálculo del agua a eliminar

La cantidad total de agua que se debe eliminar es:

$$\begin{aligned} \text{Agua a eliminar} &= \text{Masa de agua inicial} - (\text{Masa total} - \text{Masa final}) \\ \text{Agua a eliminar} &= 38,04 \text{ kg/h} - (126,8 \text{ kg/h} - 126,73 \text{ kg/h}) = 37,97 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

CÁLCULO DEL VOLUMEN NECESARIO DEL SECADOR

a) Volumen del Carbonato de Litio

Utilizando la densidad del carbonato:

$$\text{Volumen de carbonato} = \frac{\text{Cantidad total}}{\text{Densidad}} = \frac{126,8 \text{ kg/h}}{2110 \text{ kg/m}^3} = 0,060 \text{ m}^3/\text{h}$$



b) Volumen del Agua a Vaporizar

El volumen del agua que se debe eliminar es:

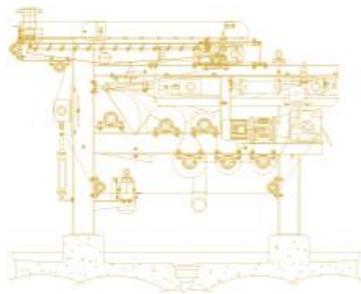
$$\text{Volumen del agua a eliminar} = \frac{\text{Agua a eliminar}}{\text{Densidad del agua}}$$
$$\text{Volumen del agua a eliminar} = \frac{37,97 \text{ kg/h}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0,03797 \text{ m}^3/\text{h}$$

c) Volumen Total del Secador

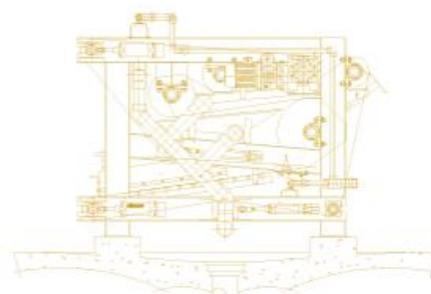
Para obtener el volumen total del secador, sumamos el volumen del carbonato y el volumen del agua:

$$\text{Volumen total del secador} = \text{Volumen del carbonato} + \text{Volumen del agua}$$

$$\text{Volumen total del secador} = 0,060 \text{ m}^3/\text{h} + 0,03797 \text{ m}^3/\text{h} = 0,09797 \text{ m}^3/\text{h}$$



MODELO OSC



MODELO MS

MODELO OSC (compactos)
Los Filtros de Banda OSC han sido especialmente desarrollados para satisfacer a aquellas plantas que reúnan tres exigencias: Producciones pequeñas a deshidratar, equipos de reducidas dimensiones y un coste ajustado. Se trata de un filtro de media presión de bastidor rígido con todos los dispositivos de control automático que aseguran un funcionamiento automático.
Anchos disponibles: De 1,0, 1,5 y 2,0 metros para una capacidad de entre 2 a 15 m³/h.



MODELO MS
Los Filtros de Banda MS, se han desarrollado para satisfacer el servicio de pequeñas depuradoras. El resultado es un filtro de banda muy reducido en tamaño y con un precio muy atractivo.
Anchos disponibles: De 0,5 a 2 metros.



Figura 6.17 Especificaciones y Dimensiones de Filtro de bandas.
Fuente: Catálogo TEFSA (Técnicas de filtración S.A)

El área total estimada de filtro de bandas y secador es de 6 m².



6.4.8 Hidrociclón

Seleccionamos un hidrociclón modelo F740 de acuerdo con el caudal de alimentación de 12,68 m³/h. El área total estimada para este equipo es de 4m².

Modelo	Ent/Sal ØD (pulg)	Tanque (lt)	ØD1 (pulg)	H (mm)	H1 (mm)	Peso embalaje (kg)	Caudal** (m ³ /h)	Depósito Sedimentos (litros)
F710	3/4	1.5	3	475	380	8.3	2.4 – 4	1.5
F720	1	1.5	4	600	460	10.1	3.5 – 6	2.5
F730	1.5	2.5	6	740	594	15.5	6.5 – 10	5
F740	2	5	8	900	755	23.4	11 – 19	5
F750LF	3	5	8	930	765	32.5	20 – 35	5 (10*)
F750	3	5	8	930	765	32.5	29 – 45	5 (10*)
F755	3*4	60	12	1550	1285	75.0	45 – 73	30
F760	4	60	16	1765	1495	97.5	60 – 93	60
F770	6	150	20	1996	1671	187.0	93 – 155	150
F775	6	150	24	2300	1940	230.0	145 – 225	150(220*)
F780	8	300	30	2897	2492	328.0	200 - 330	300

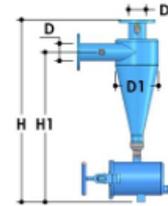


Figura 6.18 Especificaciones y Dimensiones de Hidrociclón
 Fuente: Aqua global

6.4.9 Molino micronizador

Con un caudal máximo de alimentación de 12,68 m³/h seleccionamos el modelo MMS-100.

Modelo	Longitud (mm)	Alto (mm)	Ancho (mm)	Potencia total* (kW)	Velocidad molino		Caudal		Factor de producción
					rpm mín	rpm máx	m ³ /h mín	m ³ /h máx	
MMS-100	1.250	820	385	16	3.000	7.200	600	900	1
MMS-150	1.250	820	385	22	3.000	7.200	900	1.350	1,35
MMS-300	1.750	1.385	530	50	1.500	4.700	1.500	3.240	2,7

Figura 6.19 Especificaciones y Dimensiones de Micronizador
 Fuente: Lleal S.A.U



6.5 BALANCES GLOBALES DEL PROCESO

6.5.1 BALANCE DE MASA

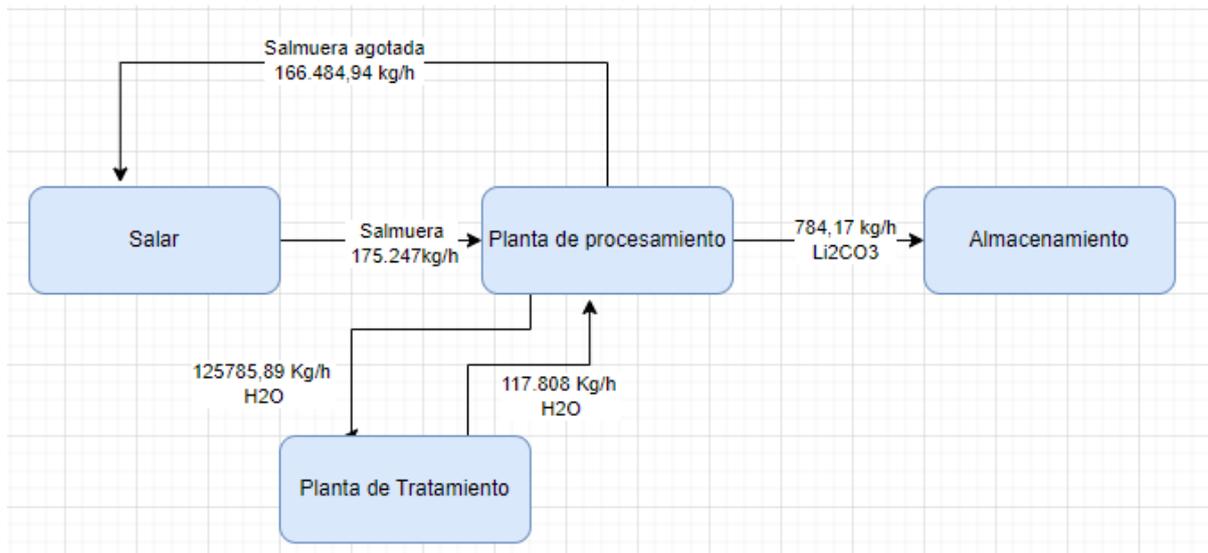


Figura 6.20 Balance de masa global del proceso
Fuente: Elaboración propia

6.6 DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

6.6.1 INTRODUCCIÓN

El estudio de la distribución de la planta es de gran importancia, ya que permite lograr una disposición más ordenada y planeada de la maquinaria y equipos, en función de los desplazamientos lógicos de las materias primas y de los productos acabados; de modo que se aprovechen eficazmente el equipo, el tiempo y las aptitudes de los trabajadores.

La finalidad es poder definir dentro de zona donde será emplazado el proyecto y cuál es el espacio que ocuparán las diferentes áreas que conformarán la planta.

El proceso productivo involucra una cierta tecnología que debe permitir la elaboración del producto con especificaciones precisas. En base a esto es posible determinar y optimizar la capacidad de producción en función de la tecnología empleada. Para lograr dicha optimización física de la distribución de la planta, se tiene en cuenta el Diagrama de Recorrido de las materias primas, para disminuirla al mínimo. Mientras menor sea éste recorrido, mayor será la economía de movimientos y de tiempos, aumentando así la eficacia y eficiencia de la empresa. Y, a consecuencia de esto, se logra obviamente mejorar la rentabilidad del proyecto.



Para ello se va a adoptar el tipo de disposición de las máquinas siguiendo la línea del proceso. Se separan algunas partes del proceso en distintos galpones o espacios de exterior según su naturaleza.

Con este diseño todos los sectores de la planta pueden tener alguna de sus paredes hacia el exterior, esto es importante en el caso de posibles futuras ampliaciones, ya que la superficie de cada sector puede agrandarse independientemente de las demás, especialmente los depósitos.

6.6.2 ALMACENAMIENTO

6.6.2.1 ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

En este tipo de procesos productivos, el almacenamiento de materias primas presenta características específicas que deben considerarse en el diseño de los espacios necesarios. En el caso de la salmuera, esta no será almacenada, ya que se extrae directamente del salar y se envía de forma inmediata al sistema de tratamiento. Esto elimina la necesidad de destinar espacio o infraestructura para su almacenamiento.

Por otro lado, los reactivos químicos utilizados en el proceso, como el ácido clorhídrico (HCl) para ajustar el pH, el carbonato de sodio y el dióxido de carbono para la etapa de formación del carbonato de litio grado batería, deberán ser almacenados en áreas específicas para productos químicos.

El almacenamiento de reactivos líquidos y gaseosos requerirá tanques apropiados que cumplan con las normativas de seguridad, incluyendo sistemas de contención secundaria para prevenir derrames y asegurar un manejo seguro.

En el caso de reactivos sólidos, deberá ser almacenada en áreas secas y ventiladas, garantizando fácil acceso para su reposición cuando sea necesario.

En cuanto al agua tratada, que se recupera del proceso, será almacenada en un tanque de recuperación de agua. Este tanque será dimensionado de acuerdo con la cantidad de agua que se espera reutilizar en el proceso, y deberá contar con sistemas de medición de nivel que permitan un control adecuado del volumen almacenado, integrándose de manera eficiente al circuito de reutilización, lo que minimiza el uso de agua fresca.

6.6.2.2 ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO

El producto final, una vez obtenido, será almacenado en bigbags colocados sobre pallets dentro del sector destinado al almacenamiento en la planta. Estos bigbags serán cuidadosamente dispuestos sobre los pallets, asegurando una manipulación eficiente y segura tanto para el personal como para la maquinaria de carga y descarga.

El sector de almacenamiento estará organizado en zonas bien definidas, permitiendo una fácil identificación y gestión de los diferentes lotes de producto. Las big bags se apilarán de manera controlada, respetando las normativas de seguridad para evitar riesgos de inestabilidad o daños al producto.



Además, se implementarán procedimientos para optimizar el espacio de almacenamiento, facilitando el acceso a las bigbags cuando sea necesario para su despacho o transporte. Este enfoque garantiza que el producto final esté adecuadamente protegido de las condiciones ambientales, manteniendo su calidad hasta su salida de planta.

6.6.3 ÁREA DE PRODUCCIÓN

Para realizar el diseño del área de producción se tiene en cuenta todos aquellos equipos necesarios para la elaboración del producto objetivo de este proyecto.

Se tiene en cuenta el espacio ocupado por cada uno de estos equipos (considerando principalmente el área). De igual manera también es importante considerar un espacio libre para poder realizar maniobras propias del funcionamiento cotidiano de la planta, así como también aquellas necesarias para el mantenimiento de los diferentes equipos. El área estimada es de 1365 m².

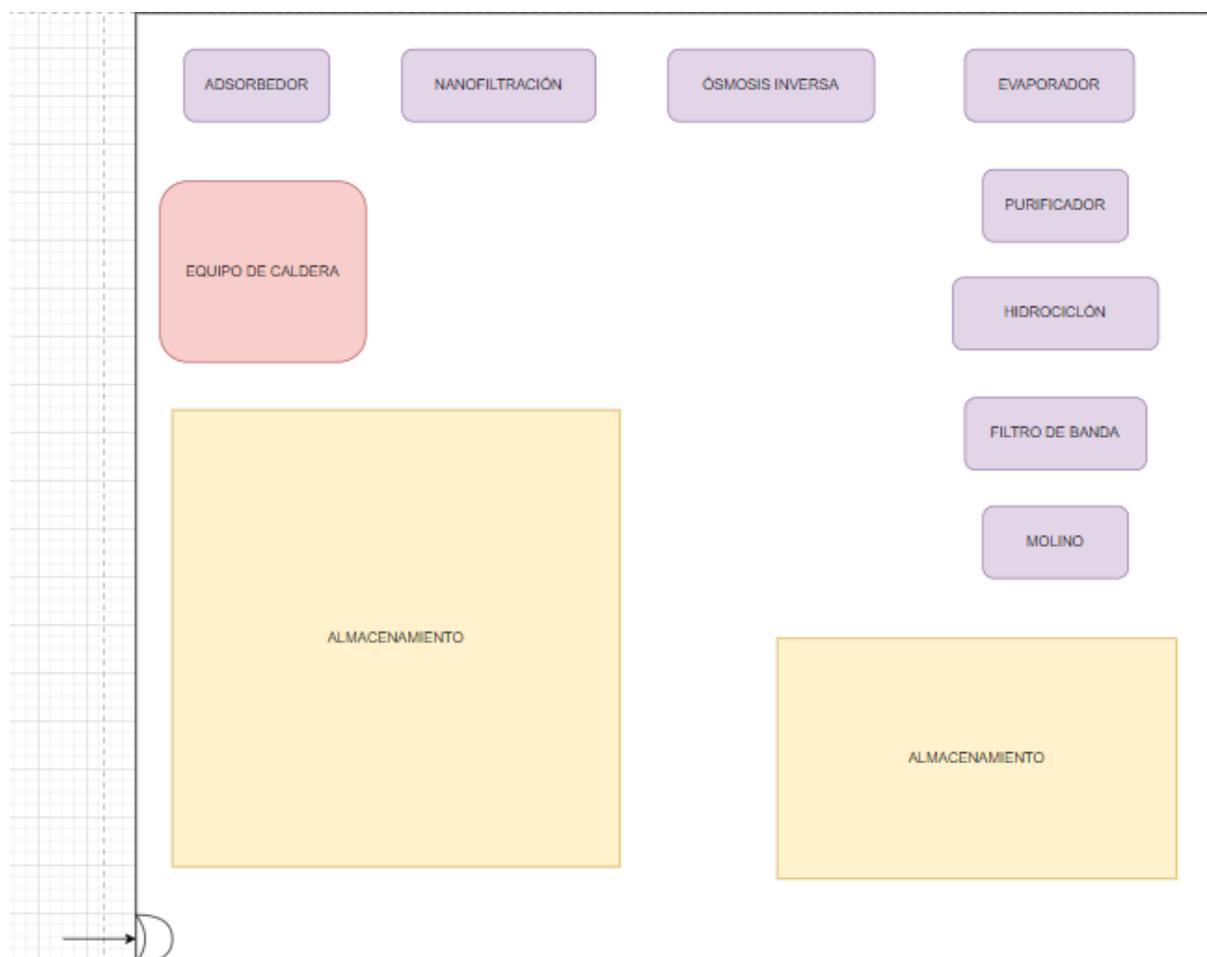


Figura 6.21 Layout del área de producción
Fuente: Elaboración propia



6.6.4 LABORATORIO

6.6.4.1 Consideraciones generales

La disposición del laboratorio debe diseñarse con criterios de eficiencia. Por ejemplo, la distancia que deba recorrer el personal para llevar a cabo las distintas fases de los procesos analíticos ha de ser lo más corta posible, aun teniendo presente que tal vez haya que separar unos procedimientos de otros por motivos analíticos o de seguridad.

Las actividades genéricas pueden definirse como operaciones químicas "por vía húmeda" para las que es necesario disponer de un gran número de bancos fijos dotados de agua, electricidad, sumideros, campanas de humos, estanterías para los reactivos y espacio para la limpieza y almacenamiento del instrumental de vidrio, a diferencia de las "salas de instrumentos", donde son necesarios menos servicios (aunque deberán contar con un suministro adicional de gas por tuberías y tal vez una instalación eléctrica fija) y puede ser suficiente una combinación flexible de mesas/bancos móviles. Pueden ser necesarias salas especializadas para el trabajo que requiere "aire limpio" (por ejemplo, el relacionado con algunos contaminantes ambientales), o para el trabajo con sustancias que han de manipularse con especial cuidado, por motivos de seguridad o para evitar la contaminación cruzada (por ejemplo, materiales radioactivos y algunas sustancias especialmente tóxicas), o para el almacenamiento y distribución de patrones de compuestos puros que se están analizando a niveles residuales en alguna otra parte del laboratorio. Una sala especializada para operaciones en gran escala o actividades de preparación de muestras en las que se desprende polvo, como por ejemplo molturación, mezcla o agitación, será muy conveniente, sobre todo si se prevé trabajar con analitos heterogéneos.

Para facilitar una rápida evacuación en caso de incendio o cualquier otra emergencia, deben preverse por lo menos dos entradas/salidas en cada habitación, siempre que sea posible.

6.6.4.2 Dimensiones

Para la determinación de las dimensiones necesarias para poder realizar un correcto control de la calidad del proceso se comparan con plantas de similares características. Con este criterio se concluye que se instalará un laboratorio de 15 metros de largo y 10 metros de ancho. Esto supone un área de 150 m².

6.6.5 EDIFICIOS AUXILIARES

Además de las zonas contempladas para el normal funcionamiento de la planta, se consideran una serie de áreas con distintas utilidades que tienen como fin brindar mejores condiciones laborales a los empleados de la empresa.



6.6.5.1 Estacionamiento

Se selecciona una zona para resguardar los vehículos de los empleados, que además sirve como punto de reunión en caso de emergencias. Este estacionamiento cuenta con una capacidad para albergar a aproximadamente 40 vehículos livianos y 10 vehículos de carga, dándonos un área total de 1800 m².

6.6.5.2 Comedor

Dado que se formará un campamento en la zona de trabajo y, a pesar de contar con turnos rotativos, la cantidad considerable de empleados hace necesario proporcionar un espacio adecuado para que los trabajadores puedan recibir sus comidas básicas diarias, se ha planificado la construcción de un comedor. Este comedor estará diseñado para atender a los empleados en sus horarios de comida, brindando un ambiente cómodo y funcional.

Para ello, se ha dimensionado un área de 450 m², asegurando que el espacio sea suficiente para albergar a los trabajadores en sus diferentes turnos y facilitar el servicio eficiente de las comidas.

6.6.5.3 Sanitarios y vestidores

Dentro de las normativas laborales, se exige la construcción de sanitarios para satisfacer las necesidades básicas de los empleados. En el lote perteneciente a la planta un área de 100 m² es destinada a la construcción de sanitarios y vestidores.

6.6.6 OFICINAS ADMINISTRATIVAS

Como se plantea en el capítulo 5 “Localización”, la planta está ubicada en un área industrial en Jujuy. Es por ello, que un área del lote dentro de éste, que corresponde a la empresa, se debe destinar fundamentalmente a tareas productivas, a fin de lograr un máximo aprovechamiento de los beneficios de este tipo de sectores especialmente preparados para estos fines. En el sector de la planta, sólo se instalarán oficinas en un total de 50 m² para la realización de tareas principalmente de recepción y planeamiento.



Figura 6.22 Representación de las oficinas
Fuente: Elaboración propia



6.6.7 DISTRIBUCIÓN GENERAL

En base a lo definido a lo largo del capítulo, se concluye que para el funcionamiento total de la planta se necesita un lote de aproximadamente 4000 m² de superficie.

En la Figura 6.20 se muestra de forma esquemática la distribución elegida para llevar a cabo el proyecto de producción de Carbonato de Litio con extracción directa.

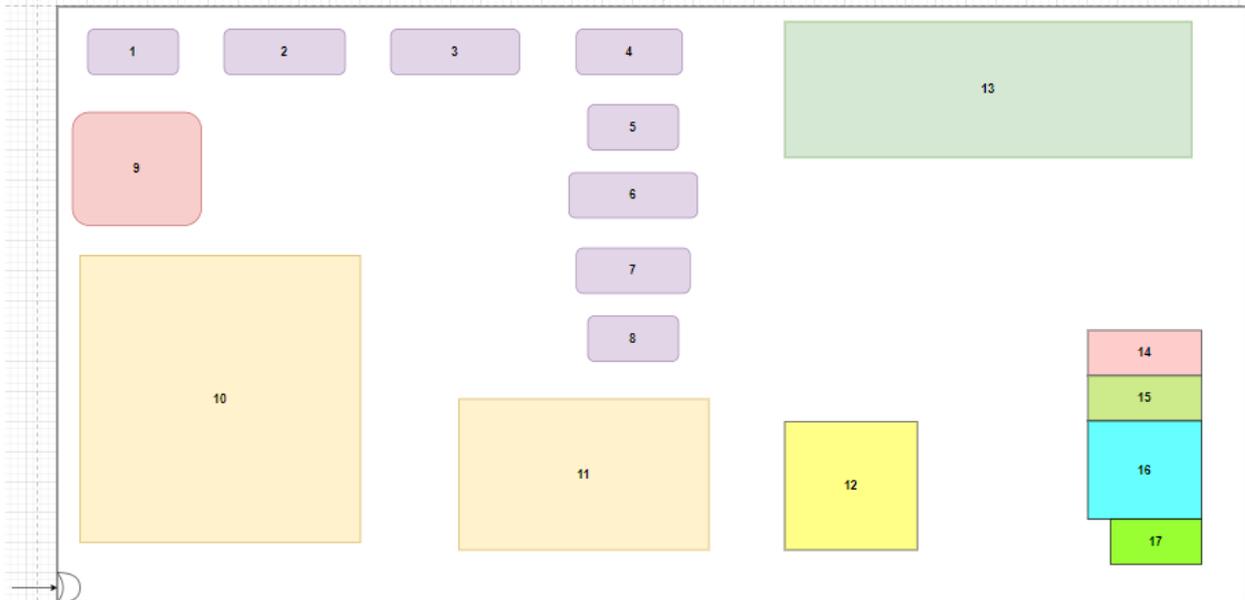


Figura 6.23 Layout general de la planta
Fuente: Elaboración propia

Referencias
1. ADSORBEDOR
2. NANOFILTRACIÓN
3. ÓSMOSIS INVERSA
4. EVAPORADOR
5. PURIFICADOR
6. HIDROCICLÓN
7. FILTRO DE BANDA
8. MOLINO
9. EQUIPO DE CALDERA
10.11. ALMACENAMIENTO
12. OFICINA DE RECEPCIÓN
13. ESTACIONAMIENTO
14. SALA DE CONTROL
15. LABORATORIO
16. COMEDOR
17. SANITARIOS/VESTIDORES

Figura 6.24 Referencias Layout general de planta
Fuente: Elaboración propia



7. ASPECTOS ORGANIZACIONALES

7.1 INTRODUCCIÓN

La finalidad de la organización es poder enviar instrucciones a los miembros operantes, recibir y transmitir a la dirección, toda la información que le permitirá desenvolverse como tal. Para desarrollar una estructura organizacional, se agrupan y clasifican las actividades de la empresa con el fin de poder administrarlas.

El objetivo de este capítulo es presentar los criterios analíticos que permitan enfrentar de mejor manera el análisis de los aspectos organizacionales de un proyecto, los procedimientos administrativos y sus consecuencias económicas en los resultados de la evaluación.

Debido a las características específicas y únicas de cada proyecto de inversión, es que se debe definir una estructura organizativa acorde con los requerimientos que exija la ejecución de dicho proyecto.

Para establecer una estructura de organización planeada, se clasifica y se agrupa las actividades de la empresa con el fin de realizar una correcta administración de la misma. En otras palabras, el objetivo de la organización es enviar instrucciones a los miembros operantes, recibir y transmitir a la dirección la información que le permitirá funcionar de manera inteligente.

7.2 PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN

Para que una organización tenga una estructura sólida hay que tener en cuenta los siguientes principios generales:

- Separación de funciones de la empresa.
- Establecer las subdivisiones lógicas en la línea de trabajo de esas funciones para que no se solapen o choquen y de tal modo que ningún individuo reciba órdenes directas de más de una persona.
- Especificación neta de cada tarea directiva, en todo el orden sucesivo de los diferentes niveles de la dirección, con el fin de evitar la responsabilidad compartida.
- Delegación apropiada y adecuada de la autoridad a cada miembro en el orden
- Directivo de su sección, de acuerdo al nivel que ocupa en la dirección.
- Selección para cada cargo en el orden selectivo y por cada nivel de éste del individuo más apropiado y conveniente.



7.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ORGANIZACIÓN

7.3.1 RAZÓN SOCIAL Y FUNCIONES DE LA EMPRESA

EcoLithium S.A es una compañía productora de carbonato de Litio grado batería, la cual es un producto químico final.

7.3.2 CONSTITUCIÓN LEGAL

EcoLithium es una empresa situada en el Salar de Cauchari, en la provincia de Jujuy, que inicia sus operaciones en 2024. Desde sus inicios, la empresa ha estado vinculada a la industria química/minera y se enfoca en la extracción y procesamiento de litio verde.

EcoLithium tiene como objetivo consolidarse como líder en el mercado nacional de litio, tiene como objetivo consolidarse como líder en el mercado nacional de litio.

7.3.3 ORGANIGRAMA, DATOS SOCIALES, TRIBUTARIOS Y COMERCIALES

- País: Argentina
- Tipo de perfil: Empresa
- CUIT: 30-71142062-9
- Actividad principal: Extracción directa de Litio y producción de Carbonato de Litio.
- Actividad principal AFIP: 089120 Extracción de minerales para la fabricación de productos químicos.
- Perfil de comercialización: Mayorista
- Fecha de contrato social: 17/09/2024
- Cantidad de empleados: 99
- Domicilio de la sede social: Jujuy
- Teléfono: +54 (388) 4654799
- Facturación estimada anual: U\$D 69.760.000

7.4 ORGANIGRAMA

Requisitos fundamentales:

La organización tiene que crearse alrededor de funciones y no de individuos.

Las funciones estrechamente relacionadas deben colocarse bajo un mismo epígrafe.

Pueden combinarse algunos deberes con otros que estén tan relacionados con ellos como sea posible de modo que cada grupo pueda ser manejado por una sola persona.



No debe hacerse ningún nombramiento que permita que dos individuos crucen la línea de autoridad y choquen. La autoridad y responsabilidad que acompañan a cada función y subfunción deben limitarse en el manual de organización.

Dentro del esquema de organización de la empresa no se consideran servicios esenciales como salud, limpieza, higiene y seguridad, comedor y seguridad. Esto se debe a que dichos servicios serán tercerizados por la empresa, por lo cual no formarán parte de la planta de personal de la empresa.

De manera similar, por cuestiones estratégicas se decide tercerizar un departamento esencial como es el de recursos humanos. Esta decisión se basa principalmente en la existencia de empresas especializadas en el manejo de estos recursos por lo que pueden llevar a una optimización del funcionamiento de la organización en lo que está relacionado con estas funciones.

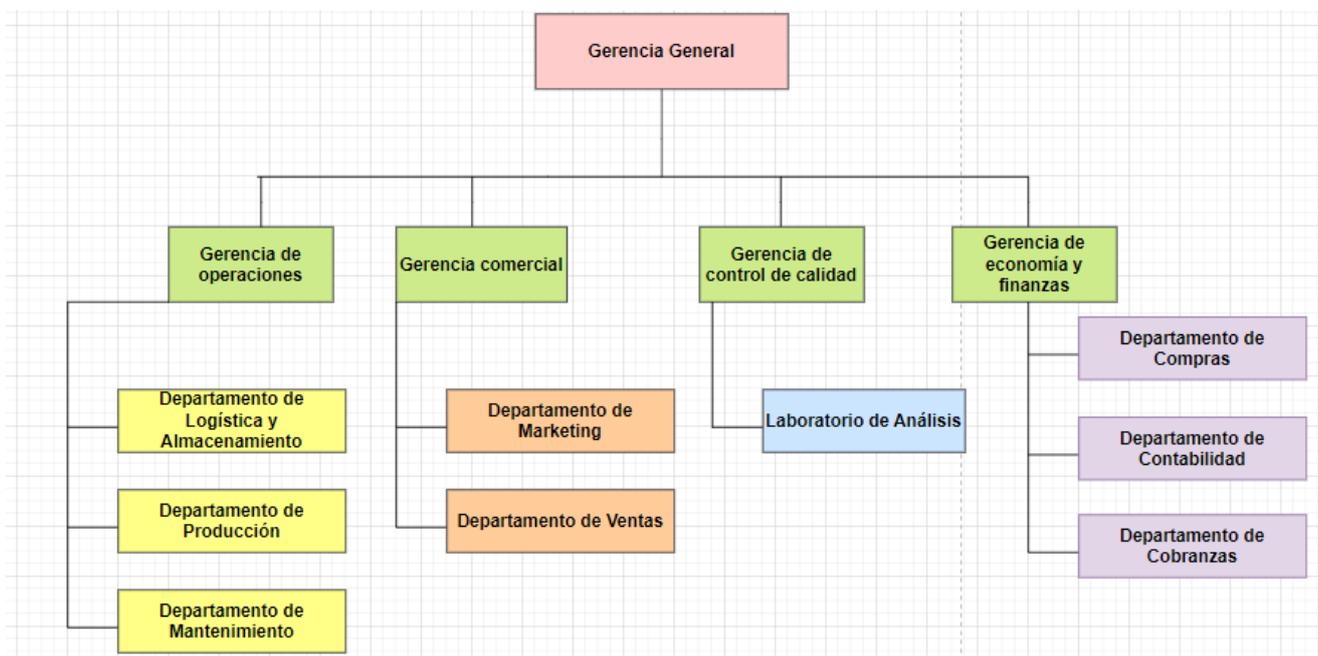


Figura 7.1 Organigrama de la empresa
Fuente: Elaboración propia

7.4.1 FICHAS DE FUNCIÓN

Para los distintos puestos se establecerán las distintas tareas a realizar, perfiles de puesto y las líneas de mando, definidas anteriormente en el organigrama.



7.4.1.1 Gerencias

7.4.1.1.1 Gerencia general

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia General
SECTOR	Gerencia General
FUNCIÓN	Gerente General
SUPERVISA A	Gerente de operaciones, economía y finanzas, comercial y de logística
CATEGORÍA	Fuera de CCT
DEBERES	
Liderar gestión estratégica	
Liderar la formulación y aplicación del plan de negocios	
Alinear a las distintas Gerencias	
Definir políticas generales de administración	
Desarrollar y mantener relaciones político-diplomáticas con autoridades y reguladores	
PERFIL DEL PUESTO	
Profesional en áreas administrativas o afines	
Expresión oral y escrita en idioma inglés	
Búsqueda y cierre de negocios	
Capacidad de liderazgo	

Tabla 7.1 Ficha de función Gerente General
Fuente: Elaboración propia

7.4.1.1.2 Gerencia de operaciones

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Gerencia de Operaciones
FUNCIÓN	Gerente de Operaciones
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Dpto Logística y Almacenamiento, Dpto Producción, Dpto Mantenimiento
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Planificar y supervisar el trabajo de los distintos operarios	
Supervisar los procesos de producción	
Gestionar recursos materiales	
Gestionar recursos humanos	
Diseñar mejoras del proceso	
PERFIL DEL PUESTO	
Ingeniero químico o ingeniero industrial	
Capacidad de trabajo en equipo	
Capacidad de análisis	
Capacidad de liderazgo	

Tabla 7.2 Ficha de función Gerente de Operaciones
Fuente: Elaboración propia



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Lito de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



7.4.1.1.3. Gerencia de Economía y Finanzas

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Economía y finanzas
SECTOR	Gerencia de Economía y finanzas
FUNCIÓN	Gerente de Economía y finanzas
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Caja, Contabilidad, Créditos y Cobranzas
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Programar, organizar, dirigir, controlar y supervisar las actividades de personal, tesorería, contabilidad y costos, logística y servicios internos	
Administrar y supervisar los fondos y valores financieros de la municipalidad, canalizando los ingresos y efectuando los pagos correspondientes por los compromisos contraídos de conformidad con las normas que rigen el Sistema de la Tesorería	
Supervisar el registro de ingresos y gastos en los aplicativos aprobados del estado	
Administrar los bienes, recursos materiales y humanos orientados a la dotación de servicios generales que requieran las diferentes áreas de la unidad	
Formular, actualizar y proponer la normatividad interna de su competencia	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Administración Comercial o equivalente	
Conocimiento de leyes, normas y reglamentos que rigen los procesos administrativos	
Habilidades para desarrollar métodos y procedimientos de trabajo	
Capacidad de liderazgo	

Tabla 7.3 Ficha de función Gerente de Economía y Finanzas

Fuente: Elaboración propia

7.4.1.1.4. Gerencia Comercial

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia Comercial
SECTOR	Gerencia Comercial
FUNCIÓN	Gerente Comercial
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Marketing, Ventas
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Marcar los objetivos concretos a toda la fuerza comercial a su cargo	
Saber resolver problemas comerciales y/o marketing	
Elaborar las previsiones de venta junto al departamento de marketing	
Diseñar las estrategias	
Establecer la política de precios junto al departamento de operaciones y marketing	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Administración comercial o equivalente	
Conocimiento de leyes, normas y reglamentos que rigen los procesos administrativos	
Habilidades para desarrollar métodos y procedimientos de trabajo	
Capacidad de liderazgo	

Tabla 7.4 Ficha de función Gerente Comercial

Fuente: Elaboración propia



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



7.4.1.1.5. Gerencia de Control de calidad

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Control de Calidad
SECTOR	Gerencia de Control de Calidad
FUNCIÓN	Gerente de Calidad
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Laboratorio de Análisis
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Realizar y/o supervisar las actividades de control de laboratorio	
Garantizar los niveles de calidad definidos de las muestras analizadas	
Definir y revisar los procesos y procedimientos utilizados	
Proponer acciones de mejora en los casos que fuera necesario	
Asegurar la eficiencia en el uso del equipamiento y la calidad de los productos	
PERFIL DEL PUESTO	
Analista de laboratorio o similar	
Manejo de software específico	
Capacidad de evaluación de resultados	
Capacidad de liderazgo	

Tabla 7.5 Ficha de función Gerente de Control de Calidad

Fuente: Elaboración propia

7.4.1.2. Departamento logística y almacenamiento

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Logística y Almacenamiento
FUNCIÓN	Jefe de Departamento de Logística y Almacenamiento
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	Auxiliares de logística y mantenimiento
REPORTA A	Gerente de operaciones
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Desarrollar el análisis de stock de suministros con el fin de mantener la capacidad productiva de la planta.	
Generar conexiones con proveedores y clientes para garantizar la eficiencia en la gestión de suministros y entregas.	
Realizar informes y relevamiento del área a su cargo para generar las evaluaciones de desempeño del personal.	
Encargarse de que todo el personal a su carga cumpla con los requisitos impuestos por el área de higiene y seguridad	
Participe activo junto al gerente de operaciones de nuevas alternativas de negocio y mercado proveedor en general	
PERFIL DEL PUESTO	
Grado universitario en Ing. Química, Industrial o afines.	
Licenciados o Técnicos en administración de empresas.	
Habilidad para liderar grupos.	
Habilidad en la toma de decisiones bajo ambientes de presión.	
Experiencia en gestión financiera y preparación de presupuestos.	

Tabla 7.6 Ficha de función Gerente de Operaciones

Fuente: Elaboración propia



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Lito de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



7.4.1.2.1. Auxiliar de Almacenamiento

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Logística y Almacenamiento
FUNCIÓN	Auxiliar de Almacenamiento
SUPERVISADO POR	Jefe de Departamento de Logística y Almacenamiento
SUPERVISA A	
REPORTA A	Jefe de Departamento de Logística y Almacenamiento
CATEGORÍA	A3
DEBERES	
Recibir y clasificar los materiales entrantes al depósito	
Asistir al jefe de departamento al realizar stock de almacen	
Mantener el orden y limpieza del sector	
Realizar inventarios rutinarios de los productos de almacen	
Preparar el producto para su venta, colocando la correcta identificación del mismo y etiquetado correspondiente	
PERFIL DEL PUESTO	
Secundario completo, sin experiencia previa. Se valora experiencia en puestos similares	
Conocimiento básico de herramientas de taller y equipos de almacenamiento como manejo de montacargas, autoelevadores, etc.	
Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales	
Conocimiento de herramientas básicas de informática	
Compromiso, Calidad e Integridad	

Tabla 7.7 Ficha de función Auxiliar de Almacenamiento
Fuente: Elaboración propia

7.4.1.2.2. Auxiliar de Logística

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Logística y Almacenamiento
FUNCIÓN	Auxiliar de Logística
SUPERVISADO POR	Jefe de Departamento de Logística y Almacenamiento
SUPERVISA A	
REPORTA A	Jefe de Departamento de Logística y Almacenamiento
CATEGORÍA	A3
DEBERES	
Recibir y clasificar los materiales entrantes al depósito.	
Asistir al jefe de departamento al realizar stock de almacen.	
Preparar el producto para su venta, colocando la correcta identificación del mismo y etiquetado correspondiente.	
Coordinar con el Dpto de ventas la programación de pedidos y entregas a los clientes.	
Coordinar con el transporte la logística de envío, y los trámites y permisos correspondientes vinculado, con el fin de brindar el mejor servicio pre y post venta.	
PERFIL DEL PUESTO	
Secundario completo. Se valorará experiencia en puestos similares.	
Excelentes habilidades de comunicación.	
Conocimiento de herramientas básicas de informática.	
Compromiso, calidad e integridad.	

Tabla 7.8 Ficha de función Auxiliar de Logística
Fuente: Elaboración propia



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



7.4.1.2.3. Departamento de Producción

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Producción
FUNCIÓN	Jefe de Producción
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	Operarios
REPORTA A	Gerente de Operaciones
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Planificación de la producción a corto, mediano y largo plazo, según los requerimientos de la empresa y las necesidades del mercado.	
Coordinar el trabajo en conjunto de los operarios de producción y personal vinculado al área de producción.	
Identificar y proponer mejoras al proceso y al espacio de trabajo.	
Hacer cumplir los requerimientos que HyS exige para el proceso para todo el personal.	
Generar informes diarios de producción y desempeño a su superior.	
Coordinar con el departamento de mantenimiento los distintos tipos de mantenimientos a realizarse y coordinar las paradas de fábrica correspondientes una vez al año.	
PERFIL DEL PUESTO	
Graduado universitario en Ingeniería Química, Industrial.	
Experiencia mínima de 3 años en puestos similares.	
Habilidad para liderar grupos de empleados de diversos departamentos y niveles.	
Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales	
Habilidad en la toma de decisiones bajo ambientes de presión.	
Compromiso, Calidad e Integridad.	

Tabla 7.9 Ficha de función Jefe de Producción
Fuente: Elaboración propia

7.4.1.2.4. Operarios

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Producción
FUNCIÓN	Operarios
SUPERVISADO POR	Jefe de Departamento de Producción
SUPERVISA A	
REPORTA A	Jefe de Departamento de Producción
CATEGORÍA	A2
DEBERES	
Operar y mantener los equipos de la planta de acuerdo a las normas de seguridad y calidad establecidas	
Controlar y monitorear el proceso productivo para cumplir con los estándares establecidos.	
Realizar informes de producción y llenado de partes diarios.	
Mantener el orden y limpieza en la planta de producción	
PERFIL DEL PUESTO	
Secundario técnico completo. Se valorará experiencia en puestos similares.	
Excelentes habilidades de comunicación.	
Conocimiento de herramientas básicas de informática.	
Compromiso, calidad e integridad.	

Tabla 7.10 Ficha de función Operarios
Fuente: Elaboración propia



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Lito de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



7.4.1.2.5. Departamento de Mantenimiento

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Mantenimiento
FUNCIÓN	Jefe de Mantenimiento
SUPERVISADO POR	Gerencia de Operaciones
SUPERVISA A	Operarios/técnicos de mantenimiento
REPORTA A	Gerencia de Operaciones
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Planificar y coordinar el mantenimiento y correctivo de los equipos y manquinarias en base a los programas de producción.	
Supervisar y coordinar al equipo de técnicos de mantenimiento, asegurado que cuenten con los recursos necesarios para realizar su trabajo de manera efectiva y eficiente.	
Garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente en el área de mantenimiento.	
Realización de análisis y diagnósticos de fallas, implementando medidas correctivas y preventivas.	
PERFIL DEL PUESTO	
Ingeniero mecánico o afines.	
Experiencia de 2 años en puestos similares.	
Conocimiento de herramientas básicas de informática.	
Compromiso, calidad e integridad.	

Tabla 7.11 Ficha de función Jefe de Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

7.4.1.2.6. Auxiliar de Mantenimiento

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Mantenimiento
FUNCIÓN	Operarios / Técnicos en Mantenimiento
SUPERVISADO POR	Jefe de Departamento de Mantenimiento
SUPERVISA A	
REPORTA A	Jefe de Departamento de Mantenimiento
CATEGORÍA	A1
DEBERES	
Operar y mantener los equipos de la planta de acuerdo a las normas de seguridad y calidad establecidas.	
Controlar y monitorear el proceso productivo para cumplir con los estándares establecidos.	
Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y maquinarias de la empresa.	
Identificar fallas en las maquinarias y equipos y obrar en su reparación.	
Realizar informes de producción, y llenado de partes diarios.	
Mantener el orden y limpieza en la planta de producción.	
PERFIL DEL PUESTO	
Secundario Técnico completo en electricidad, electrónica o afín, sin experiencia previa.	
Se valorará experiencia en puestos similares.	
Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales.	
Habilidad en el trabajo bajo ambientes de presión.	
Conocimiento de herramientas básicas de informática.	
Conocimiento en mecánica y electricidad.	

Tabla 7.12 Ficha de función Operarios / Técnicos en Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Lito de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



7.4.1.2.7. Departamento de Marketing

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Comercial
SECTOR	Departamento de Marketing
FUNCIÓN	Jefe de Marketing
SUPERVISADO POR	Gerente Comercial
SUPERVISA A	
REPORTA A	Gerente Comercial
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Desarrollo de planes de marketing para productos y servicios de la empresa.	
Investigación de mercado para identificar oportunidades de crecimiento y comprender las necesidades de los clientes.	
Gestión de campañas publicitarias, promociones y eventos de marketing.	
Análisis de datos de ventas y de mercado para medir el éxito de las campañas de marketing y hacer recomendaciones para futuras iniciativas	
Colaboración con otros departamentos de la empresa para asegurar la coherencia de la marca y la comunicación en todos los canales	
PERFIL DEL PUESTO	
Lic. en Marketing	
Excelentes habilidades de comunicación	
Creatividad y capacidad de desarrollar ideas y enfoques que maximicen el alcance del producto	
Compromiso, calidad e integridad.	

Tabla 7.13 Ficha de función Jefe de Marketing
Fuente: Elaboración propia

7.4.1.2.8. Departamento de Ventas

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia Comercial
SECTOR	Departamento de Ventas
FUNCIÓN	Jefe de Ventas
SUPERVISADO POR	Gerente Comercial
SUPERVISA A	
REPORTA A	Gerente Comercial
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Identificar y desarrollar oportunidades de ventas y negocios.	
Identificar, investigar y comprender las necesidades y requisitos de los clientes.	
Promocionar y vender los productos y servicios de la empresa.	
Preparar propuestas, cotizaciones y presentaciones para los clientes.	
Negociar acuerdos y cerrar ventas con los clientes.	
Proporcionar informes de ventas regulares al equipo de dirección.	
PERFIL DEL PUESTO	
Experiencia comprobable en ventas y negociación.	
Fuerzas habilidades interpersonales y de comunicación.	
Orientado a resultados y capaz de cumplir y superar los objetivos de ventas.	
Conocimiento de la industria y los productos / servicios de la empresa.	
Habilidad para construir relaciones a largo plazo con los clientes.	
Conocimientos informáticos y habilidades de presentación efectiva.	

Tabla 7.14 Ficha de función Jefe de Ventas
Fuente: Elaboración propia



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



7.4.1.2.9. Laboratorio de Análisis

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Control de Calidad
SECTOR	Departamento de Laboratorio de Análisis
FUNCIÓN	Laboratorista
SUPERVISADO POR	Gerente de Control de Calidad
SUPERVISA A	
REPORTA A	Gerente de Control de Calidad
CATEGORÍA	A3
DEBERES	
Realizar pruebas de calidad y seguridad en los materiales y productos de la empresa.	
Interpretar los resultados de las pruebas y hacer recomendaciones para mejorar la calidad y seguridad de los materiales y productos.	
Mantener registros precisos y completos de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.	
Preparar informes detallados sobre los resultados de las pruebas y presentarlos a la gerencia y otros departamentos pertinentes.	
Asegurar que el laboratorio cumpla con todas las normas y regulaciones de seguridad y medio ambiente.	
Mantener y calibrar los equipos de laboratorio para asegurar su correcto funcionamiento.	
PERFIL DEL PUESTO	
Secundario Técnico completo en Química. Ingeniero Químico.	
Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales.	
Habilidad en el trabajo bajo ambientes de presión.	
Conocimiento de herramientas básicas de informática.	
Conocimiento en técnicas y material de laboratorio.	
Compromiso, Calidad e Integridad.	

Tabla 7.15 Ficha de función Laboratorista
Fuente: Elaboración propia

7.4.1.2.10. Departamento de Compras

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Economía y Finanzas
SECTOR	Departamento de Compras
FUNCIÓN	Jefe de Compras
SUPERVISADO POR	Gerente de Economía y Finanzas
SUPERVISA A	
REPORTA A	Gerente de Economía y Finanzas
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Identificar las necesidades de compra de la empresa y elaborar los requisitos correspondientes.	
Realizar el proceso de selección de proveedores y negociar los términos y condiciones de compra.	
Gestionar el proceso de orden de compra, seguimiento de la entrega de los bienes y servicios adquiridos.	
Mantener actualizada la base de datos de proveedores y precios de referencia.	
Controlar y optimizar el presupuesto asignado para el área de compras.	
PERFIL DEL PUESTO	
Lic. en Administración de empresas, Ingeniero Industrial.	
Excelentes habilidades de comunicación	
Creatividad y capacidad de desarrollar ideas y enfoques que maximicen el alcance del producto	
Compromiso, calidad e integridad.	

Tabla 7.16 Ficha de función Jefe de Compras
Fuente: Elaboración propia



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Lito de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



7.4.1.2.11. Departamento de Contabilidad

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Economía y Finanzas
SECTOR	Departamento Contabilidad
FUNCIÓN	Jefe de contabilidad
SUPERVISADO POR	Gerente de Economía y Finanzas
SUPERVISA A	
REPORTA A	Gerente de Economía y Finanzas
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Supervisar y coordinar la preparación de los estados financieros y otros informes contables	
Establecer y mantener políticas y procedimientos contables	
Asegurarse de que la empresa cumpla con los estándares contables y financieros y con las leyes y disposiciones fiscales	
Coordinar y supervisar los procesos de auditoría interna y externa	
Mantener una comunicación efectiva con otros departamentos de la empresa para asegurar la precisión de la información contable y financiera	
Asegurarse de que todos los pagos se realicen en tiempo y forma, incluyendo impuestos, salarios y facturas de proveedores.	
Mantener un sistema de control interno efectivo para garantizar la integridad y la precisión de los registros financieros	
PERFIL DEL PUESTO	
Contador	
Experiencia en posiciones similares	
Manejo de herramientas informáticas	
Compromiso, calidad e integridad.	

Tabla 7.17 Ficha de función Jefe de Contabilidad
Fuente: Elaboración propia

7.4.1.2.12. Departamento de Cobranzas

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Economía y Finanzas
SECTOR	Departamento de Cobranzas
FUNCIÓN	Jefe de Cobranzas
SUPERVISADO POR	Gerente de Economía y Finanzas
SUPERVISA A	Caja - Créditos y Cobranzas
REPORTA A	Gerente de Economía y Finanzas
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Desarrollar y ejecutar estrategias y planes de cobranza para la recuperación de cartera de la empresa.	
Establecer y supervisar los procesos de seguimiento y control de las cuentas por cobrar.	
Analizar y monitorear el comportamiento de los clientes, para identificar posibles riesgos de incumplimiento de pago y tomar medidas preventivas.	
Evaluar y optimizar los procesos de facturación y cobranza, para mejorar la eficiencia y la efectividad en la recuperación de deudas.	
Generar informes y reportes de gestión, para monitorear los resultados y establecer medidas correctivas si es necesario.	
Trabajar en colaboración con otras áreas de la empresa, como el área comercial y financiera, para optimizar el proceso de cobranza.	
PERFIL DEL PUESTO	
Experiencia comprobable en puestos de dirección de cobranzas.	
Conocimientos sólidos en técnicas y estrategias de cobranza.	
Capacidad para trabajar bajo presión y manejar situaciones conflictivas.	
Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales.	
Conocimiento de herramientas básicas de informática.	
Compromiso, Calidad e Integridad.	

Tabla 7.18 Ficha de función Jefe de Cobranzas
Fuente: Elaboración propia



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



7.4.1.2.12.1. Caja

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Economía y Finanzas
SECTOR	Departamento de Cobranzas
FUNCIÓN	Caja
SUPERVISADO POR	Jefe de Cobranzas
SUPERVISA A	
REPORTA A	Jefe de Cobranzas
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Realizar el informe diario de caja del fondo general, fondo de imprevistos y de matrícula; para establecer el balance	
Investigar, analizar y clasificar diariamente los documentos de ingreso para ubicarlos en fondos y cuentas establecidos; de modo que los cheques sean depositados en los fondos que correspondan	
Coordinar las acciones de los depósitos de la institución con la empresa	
Elaborar y presentar informes diarios y mensuales sobre sumas recaudadas en los diferentes fondos	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Contabilidad, Administración Pública, Administración de Empresas, o Finanzas	
Manejo de software específicos	
Conocimiento de la legislación aplicable	
Destreza en el manejo de formularios y documentos contables	
Conocimiento de herramientas básicas de informática.	
Compromiso, Calidad e Integridad.	

Tabla 7.19 Ficha de función Caja

Fuente: Elaboración propia

7.4.1.2.12.2. Créditos y cobranzas

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Economía y Finanzas
SECTOR	Departamento de Cobranzas
FUNCIÓN	Créditos y cobranzas
SUPERVISADO POR	Jefe de Cobranzas
SUPERVISA A	
REPORTA A	Jefe de Cobranzas
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Establecer los cronogramas, plazos y formas de pago	
Realizar el análisis de solvencia y confiabilidad de los clientes y distribuidores	
Supervisar la gestión total de créditos de la empresa, así como las de cobranzas	
Gestionar el cobro de deudores morosos	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Contabilidad, Administración Pública, Administración de Empresas, o Finanzas	
Manejo de software específicos	
Conocimiento de la legislación aplicable	
Destreza en el manejo de formularios y documentos contables	
Conocimiento de herramientas básicas de informática.	
Compromiso, Calidad e Integridad.	

Tabla 7.20 Ficha de función Créditos y cobranzas

Fuente: Elaboración propia



7.4.2. TURNOS DE TRABAJO

A continuación se presenta el relevamiento de puestos a cubrir y la demanda de trabajadores solicitados inicialmente para dar comienzo al plan de producción, establecimiento un cronograma de trabajo de ocho horas para cargos administrativos mientras que los cargos de trabajo de planta de producción se dividen en cuatro turnos de ocho horas cada uno, considerando que mientras tres turnos están trabajando, uno se encuentra de descanso, completando así el periodo de trabajo de 24 horas los siete días de la semana.

PUESTO	PUESTOS A CUBRIR	TURNOS	TRABAJADORES NECESARIOS
GERENCIA GENERAL			
Gerente General	1	1	1
GERENCIA DE OPERACIONES			
Gerente de Operaciones	1	1	1
DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA Y ALMACENAMIENTO			
Jefe de Departamento	1	1	1
Auxiliar de Almacenamiento	2	4	8
Auxiliar de Logística	2	4	8
DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA Y ALMACENAMIENTO			
Jefe de Producción	2	2	4
Operarios	10	4	40
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
Jefe de Departamento	1	1	1
Técnico de Mantenimiento	4	2	8
Auxiliar de Mantenimiento	2	3	6
GERENCIA COMERCIAL			
Gerente Comercial	2	2	1
DEPARTAMENTO DE MARKETING			
Jefe de Departamento	1	1	1
DEPARTAMENTO DE VENTAS			
Jefe de Ventas	1	1	1
GERENCIA DE CONTROL DE CALIDAD			
Gerente de control de calidad	1	1	1
Laboratoristas	6	2	4
GERENCIA DE ECONOMÍA Y FINANZAS			
Gerente de Economía y Finanzas	1	1	1
DEPARTAMENTO DE COMPRAS			
Jefe de Compras	1	1	1
DEPARTAMENTO CONTABLE			
Jefe Contable	1	1	1
DEPARTAMENTO DE COBRANZAS			
Jefe de Cobranzas	1	1	1
Encargado de Caja	2	1	2
Encargado de Créditos y Cobranzas	2	1	2
TOTAL	45		99

Tabla 7.21 Distribución de Personal de la Organización

Fuente: Elaboración propia



7.4.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES CARGOS

Los diferentes cargos predeterminados en la Empresa fueron clasificados según las distintas categorías establecidas en el Convenio Colectivo de Trabajo N° 77/89. Este convenio de trabajo establece las condiciones de trabajo, beneficios sociales, sueldos y salarios, para el personal de las industrias químicas y petroquímicas, y es de aplicación en todo el territorio de la República Argentina sin que puedan existir quitas zonales sobre el salario de referencia.

A partir de éste, se establece la categorización del personal que se ocupará y las distintas escalas de los sueldos básicos que a cada uno le corresponde.

7.4.4. CONSTITUCIÓN LEGAL DE LA EMPRESA

Constituir legalmente la empresa, permite que ésta sea legalmente reconocida, que califique como sujeto de crédito, que pueda emitir comprobantes de pago, y que pueda producir, comercializar y promocionar sus productos y/o servicios con autoridad y sin restricciones.

En Argentina, al formar una sociedad comercial se debe tener en cuenta la Ley N° 19.550 “De las sociedades Comerciales”, donde incluye la descripción de las diferentes normas societarias y los beneficios y obligaciones que cada una genera en las partes intervinientes.

	Sociedad Anónima S.A.	Sociedad de Responsabilidad Limitada S.R.L.
¿Cómo se divide el capital?	Acciones	Cuotas sociales
¿Cuántos socios pueden ser?	2 o más. Sin límite máximo.	Como mínimo 2 y como máximo
¿Qué responsabilidad patrimonial tiene cada uno de los socios?	Limitada a la integración de las acciones suscritas.	Limitada a la integración de las cuotas que suscriban o adquieran.
¿Qué nombre puede llevar mi sociedad?	Nombre de fantasía o puede incluir el nombre de una o más personas físicas. Debe incluir la expresión "Sociedad Anónima", su abreviatura o la sigla S.A.	Debe incluir el nombre de uno o más socios y debe contener la expresión "Sociedad de Responsabilidad Limitada", su abreviatura o SRL.
¿En qué momento me comprometo a realizar aportes?	Totalmente en el momento de la celebración del contrato constitutivo. El capital podrá ser inferior a \$12.000.	Totalmente en el momento de la celebración del contrato constitutivo.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



¿Cuándo debo comenzar a realizar los aportes en efectivo?	Debe integrarse no menos del 25% de los aportes comprometidos en el estatuto, mediante depósito en un banco oficial y completarse dentro de los 2 años.	Debe integrarse no menos del 25% de los aportes comprometidos en el estatuto, mediante depósito en un banco oficial y completarse dentro de los 2 años.
¿Puedo ceder libremente mis participaciones en la sociedad?	La transmisión de las acciones es libre. El estatuto puede limitar la transmisibilidad de las acciones, pero no prohibir.	Las cuotas son libremente transmisibles, salvo disposición contraria en el contrato, quien puede limitarla, pero no prohibir.
¿Quién debe ejercer la dirección y administración de la sociedad?	El Directorio - Compuesto por uno o más directores designados por la asamblea de accionistas. La representación correspondiente al Presidente del Directorio.	La Gerencia - Formada por uno o más gerentes, socios o no.
¿Necesito tener un órgano controlador, síndico y Comisión Fiscalizadora?	Es optativo, excepto para aquellas empresas que se encuentren comprendidas en el art. 299 de la Ley de Sociedades Comerciales, las cuales están obligadas a poseer un órgano de fiscalización privado.	Es optativo, excepto para aquellas sociedades cuyo capital alcance el monto de \$2.100.000.
¿Qué responsabilidad tienen los Síndicos de la sociedad?	Son ilimitada y solidariamente responsables por el incumplimiento de las obligaciones que les impone la ley, el estatuto y el reglamento. También son responsables los directores por los hechos u omisiones de estos, cuando el daño no se hubiera producido si hubiera actuado de conformidad con las obligaciones de su cargo.	Son ilimitada y solidariamente responsables por el incumplimiento de las obligaciones que les impone la ley, el estatuto y el reglamento. También son responsables los directores por los hechos u omisiones de estos, cuando el daño no se hubiera producido si hubiera actuado de conformidad con las obligaciones de su cargo.

Tabla 7.22 Diferencias entre Sociedad Anónima y Sociedad de Responsabilidad Limitada
Fuente: Elaboración propia

Se opta por la figura de Sociedad Anónima, porque posee una estructura jurídica que la hace especialmente adecuada para llevar a cabo todo tipo de empresas desde pequeñas hasta las de gran magnitud. En los casos de empresas que trabajan con un gran volumen de negocio y de capital, el declararla Sociedad Anónima es lo más apropiado.

Se visualizan distintas ventajas con este tipo de sociedad, dentro de las cuales se resaltan las siguientes:

- Es una sociedad abierta, lo que quiere decir que los socios pueden vender libremente sus acciones y, además, la empresa puede cotizar en bolsa.
- Al ser la responsabilidad limitada, se protege el patrimonio personal de los socios ante posibles deudas que puedan crearse.
- La responsabilidad social permite que esta sea solidaria entre los socios.
- Puede ser constituida por un solo socio, sin necesidad de aliarse con nadie.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel
Año 2024



- Las ganancias obtenidas a través de la sociedad, no están sujetas a impuestos de seguridad social ni de seguros médicos.
- Da muy buena imagen frente al exterior, tanto en respetabilidad ante otras sociedades, como de seriedad ante acreedores, bancos y entidades financieras.
- La administración y gestión la puede realizar una persona o un grupo sin necesidad de que sean socios accionistas, lo que permite una visión independiente sobre la marcha de la empresa.
- Permite una gran movilidad del capital.
- Permite obtener capital de un gran número de personas sin necesidad de conocer sus características personales.

7.4.5. DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MICRO, PEQUEÑA, MEDIANA O GRANDE EMPRESA

Para la determinación del tamaño organizacional de la empresa, se tomará como referencia la información brindada por el Banco Central de la República Argentina.

SECTOR	Ingresos anuales (mínimos) para una empresa grande
Construcción	Más de \$10.347.579.000
Servicios	Más de \$6.520.090.000
Comercio	Más de \$28.997.100.000
Industria y Minería	Más de \$46.835.799.999
Agropecuario	Más de \$10.886.680.000

Tabla 7.23 Volumen de ingresos de empresas grandes

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Central de la República Argentina

Considerando primeramente una producción de 6400 toneladas anuales de carbonato de Litio, a un precio promedio de 10700 dólares/tnm según estimaciones, con un tipo de cambio actual de \$982/dólares, se tendrá:

$$\text{Ventas anuales estimadas} = 6400 \frac{\text{tn}}{\text{año}} * 10700 \frac{\text{U\$S}}{\text{tn}} * 982 \frac{\$}{\text{U\$S}} = 67.247.360.000 \frac{\$}{\text{AÑO}}$$

Como puede observarse, los ingresos estimados por venta superan los ingresos anuales mínimos de una empresa de categoría grande, por lo cual, la establecemos como una empresa grande en el sector de minería.



8. ASPECTOS LEGALES Y NORMATIVOS

8.1. ASPECTOS LEGALES

8.1.1. INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo cualquier tipo de actividad que genere o demande interacciones entre diferentes grupos de interés debe estar sujeto a ciertas normas que regulen el comportamiento de las partes que intervienen en ella. Estas normas sirven para sistematizar los derechos y obligaciones que va a tener cada uno de los miembros componentes de la sociedad.

La factibilidad de un proyecto no puede analizarse únicamente desde el aspecto económico. Ya que, si no se apega a las normas legales que van a regir la actividad en el lugar en el cual se lleve a cabo el proyecto, no podrá realizarse por mayor rentabilidad que pueda presentar.

Todas las etapas de análisis, planificación, desarrollo y finalización del proyecto, deben atender a todos los aspectos legales pertinentes. Es por ello, que, como se dijo en el capítulo 5 “Localización” es uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de determinar la ubicación del proyecto.

Por lo expuesto anteriormente, en el siguiente capítulo se abordarán los distintos aspectos normativos aplicables a este proyecto en base al tipo de actividad y la localización seleccionada.

8.1.2. MARCO LEGAL

8.1.2.1. Legislación nacional

Existe una gran cantidad de leyes que se aplican al tipo de industria que se plantea implementar en este proyecto. Estas leyes van a afectar en una gran variedad de aspectos, ya sea impositivo, organizacional, ambiental, etc. Es por ello que a continuación se presentará un resumen de aquellas leyes, decretos y convenios que revisten de mayor relevancia para este proyecto.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



Sector	Autoridad de Aplicación	Norma Nacional	Descripción
		Constitución Nacional	<p>En su Art. 41 establece el derecho de todo habitante del país a gozar de un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y que permita el desarrollo de actividades productivas en el presente sin comprometer las necesidades de generaciones futuras.</p> <p>El art. 124 de la Constitución Nacional establece que corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio. Debe interpretarse que el dominio de los recursos naturales corresponde a la Nación o a las provincias según el territorio en que los mismos se encuentren.</p>
Medio Ambiente	SAYDS	Ley 25.675	Establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.
		Ley 25.612	Regula la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional y derivados de procesos industriales o de actividades de servicios
Residuos Peligrosos		Ley 24.051 DR 831/93	Establecen el régimen legal aplicable en materia de generación, transporte, tratamiento y disposición de residuos peligrosos. Responsabilidades. Infracciones y sanciones. Régimen penal. Autoridad de Aplicación. Disposiciones Complementarias.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Residuos Domiciliarios	SAYDS	Ley 25.916	Establece presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios.
Recursos Hídricos		Ley 25.688	Establece los presupuestos mínimos ambientales, para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional.
Atmósfera		Ley 20.284	Establece los requisitos para estructurar y ejecutar un programa de carácter nacional que involucre todos los aspectos relacionados con las causas, efectos, alcances y métodos de prevención y control de la contaminación atmosférica.
		Res. 953/04	Por Resolución Nro. 953/04, se establece la definición de sustancias controladas, controladas recuperadas, controladas recicladas, controladas regeneradas. Se crea el Registro histórico de importaciones.
		Res. 528/01	Fija normas en materia de extracción de muestras de gases y medición de su concentración en el aire ambiente.
	Secretaría de Transporte	Res. Conj. 96/94 y 58/94	Aprueba valores límites de emisión de humo, gases, contaminantes y material particulado producida por la combustión de motores diésel nacionales y extranjeros.
Suelo	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación	Ley 22..428	Régimen legal para el fomento de la acción privada y pública de la conservación de los suelos.
Fauna	SAYDS	Ley 22.421 DR 667/97	Regula temas concernientes a protección, comercialización, importación y exportación de especies, caza deportiva, comercial, y científica. Tipifica infracciones
Minería	Secretaría de Minería de la Nación	Ley N° 1919	El Código de Minería rige los derechos, obligaciones y procedimientos referentes a la adquisición, explotación y aprovechamiento de las sustancias minerales.
		Ley 24.585	Se sustituyese el art. 282 del Código de Minería código e incorpórase como título



			complementario precediendo al título final denominado "de la protección ambiental para la actividad minera". ámbito de aplicación y alcances. de los instrumentos de gestión ambiental. de las normas de protección y conservación ambiental. de la educación y defensa ambiental
		Ley 24.224	Reordenamiento minero cartas geológicas de la República - institucionalización del consejo federal de minería - canon minero - derógase la ley 21593 y sustituye los arts. del citado código.
		Ley 24.196 Dec Nº2686/93	Ley de inversiones mineras. Ámbito de aplicación. Estabilidad fiscal. Importaciones conservación del medio ambiente. Autoridad de aplicación. Disposiciones reglamentarias. Instituyese un Régimen de Inversiones para la Actividad Minera, que regirá con los alcances y limitaciones establecidas en la presente ley y las normas reglamentarias que en su consecuencia dicte el Poder Ejecutivo Nacional.
		Ley 27701	Ley de presupuesto Año 2023. Arts 122 al 126 sobre canon minero.
		Ley 24402	Financiamiento y devolución del I.V.A
		Ley 25243	Tratado con Chile sobre integración y complementación minera.

Tabla 8.1 Legislación nacional

Fuente: Elaboración propia

8.1.2.2 Normativa Provincial

Sector	Autoridad de Aplicación	Norma Provincial	Descripción
		Constitución de la Provincia de Jujuy	En el Art. 22 se establece el derecho de todos los habitantes de la provincia a gozar de un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, y otorga a la provincia la autoridad para asegurar el cumplimiento de este derecho.



Medio Ambiente	Secretaria de Gestión Ambiental	Ley 5.063	Ley General de Medio Ambiente (1998) - La presente Ley establece, con carácter de orden público, normas tendientes a asegurar la protección y conservación del ambiente, promoviendo una política de desarrollo sustentable compatible con tales objetivos, al fin de hacer posible una óptima calidad de vida para las generaciones presentes y futuras que habiten en el territorio provincial.
		Dec 5980/06	Reglamenta los estudios de Impacto Ambiental
		Ley 4.542	Ley de Protección del Árbol y el Bosque. Establece normas destinadas a la preservación de los bosques y al fomento de la arborización en la Provincia de Jujuy.
		Ley 4.203	De preservación de los recursos Naturales, Parques, Reservas, Monumentos Provinciales
		Ley 3820	Creación de la Reserva Alto Andina de Olaroz Cauchari
		Dec N° 6003	Manejo de Residuos patogénicos
		Dec N° 6002	Manejo de Residuos Peligrosos
		Ley N° 3.014/73	Protección de la Fauna
		Ley N° 4.542	Protección del Árbol y el Bosque. Prevé cortinas perimetrales como protectoras de la erosión y la forestación de la vera de los caminos con especies autóctonas o adaptadas en el caso de Quebrada y Puna
		Ley N° 5.018	Prevención y Lucha contra Incendios Forestales y de Campos
		Ley N° 5.410 y DR N° 6018/06	Marco Normativo Complementario a la Ley Nacional N° 25.670 de Presupuestos Mínimos para la Gestión y Eliminación de PCBs.
		Ley N° 5011/97	Adhesión a la Ley de Residuos Peligrosos



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
 “Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
 Nanofiltración”



		Ley N° 4711/93	La provincia adhiere al Consejo Federal de Medio Ambiente
	Secretaria de Cultura y Turismo	Ley N° 3866/82	Defensa del Patrimonio Arqueológico
		Ley N° 3797/81	Conservación del Patrimonio Turístico de la Provincia
		Ley N° 4982	Ley Provincial de Cultura
	Dirección Provincial de Recursos Hídricos	Ley N° 61/50	Código de Aguas
		Ley N° 4090 /4396 Dec 6002	De Administración de Recursos Hídricos
Minería	Dirección de Minería	Ley 1886 (1948)	Ley procesal administrativa de la provincia de Jujuy
		Ley 3574 (1978)	Registro de productores mineros, guías de tránsito y planilla de producción
		Ley 4695 (1993)	Adhesión provincial a ley nacional N° 24196 de inversiones mineras. Invitación a adherirse a Municipios y Comisiones Municipales
		Ley 5186 (2000)	Código de procedimientos mineros de Jujuy
		Ley 5674 (2011)	Declaración de reservas minerales que contengan litio como recurso mineral estratégico de la provincia de Jujuy.
		Ley 5993	Incorpora el inciso D) al artículo 29 de la Ley 5186 “Código procedimientos mineros de Jujuy”
		Ley 6002	Modificación de la Ley 5791 CÓDIGO FISCAL DE JUJUY: Extensión ingresos brutos Art. 284 Inciso 11
Energía	Ministerio de infraestructura	Ley N° 4888/95	Aprueba el "Marco regulatorio de la Actividad Eléctrica de la Provincia de Jujuy". Dispone que los estándares de emisión de contaminantes nacionales son aplicables en Jujuy



		Ley 5675 (2011)	Aprobación dec 7626 /2011 de creación de la empresa estatal de Jujuy "JUJUY MINERIA Y ENERGIA SOCIEDAD DEL ESTADO" (J.E.M.S.E)
Minería	Ejecutivo Provincial	Ley N° 5675	Creación de la Empresa Energía y Minería Sociedad Anónima JEMSA

Tabla 8.2 Legislación provincial

Fuente: Elaboración propia

8.1.3. CONTEXTO REGIONAL

8.1.3.1 Caracterización de la región

El Salar de Cauchari, ubicado en el departamento de Susques, ha sido objeto de interés minero desde hace varios años, especialmente con el auge del litio como recurso estratégico. La Puna Jujeña se ubica en el extremo noroeste del país y representa el 55% del territorio provincial, con una superficie de 29.643,30 km². La ocupación poblacional presenta una densidad de 1,33 hab/km² y los asentamientos humanos se encuentran dispersos. La región, en general, se caracteriza por poseer importantes déficits de infraestructura y servicios, en el marco de un ambiente frágil y un clima adverso que condiciona las potencialidades productivas.



Figura 8.1 Ubicación geográfica de la Puna Jujeña
Fuente: Informe de plan estratégico territorial de la Puna Jujeña

El territorio de la Puna comprende los Departamentos de Cochinoaca, Yavi, Rinconada, Santa Catalina y Susques y está caracterizado, en la totalidad de su borde noroeste, por su condición de frontera internacional. Se conecta con el Estado Plurinacional de Bolivia mediante los pasos ubicados en La Quiaca y Ciénaga de Paicone y con la República de Chile a través de Jama. Al sur y al este, la región limita con la Provincia de Salta y con la región jujeña de la Quebrada.

8.1.4. MARCO LEGAL VIGENTE REGIONAL EN MATERIA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y AMBIENTAL

En este punto del estudio se pretende exponer los planes de ordenamiento territorial y ambiental de las localidades analizadas. Estos planes que abordan el desarrollo local, deberían ser el sustento económico y social de los Códigos de usos y ocupación del suelo de cada una de las localidades.



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



Susques está ubicada a 3.675 m sobre el nivel del mar, en el encuentro de los ríos Pastos Chicos y Susques y sobre la RN 52 en el cruce con la RN 40. Se encuentra 120 kilómetros al oeste de Purmamarca y 155 kilómetros al este del límite con Chile por el paso de Jama, lo cual la establece como paso obligado en este eje interoceánico. Es la cabecera del Departamento homónimo y sede de la Comisión Municipal.

En la actualidad, Susques ha alcanzado una población urbana por encima de los 1.500 habitantes, habiendo crecido en forma sostenida desde la década del setenta y en especial en la del noventa. Este incremento se asocia, entre otros factores, con la apertura de la vía de comunicación que conduce al ya mencionado paso de Jama y su carácter de escala de servicios e infraestructura aduanera dentro de este corredor bioceánico, ya que se convirtió en sede de la plataforma de servicios mineros y carga y descarga de resguardo aduanero.

Susques también tiene especial relevancia como territorio comunitario ya que alrededor del núcleo urbano se despliegan unas cien unidades domésticas con sus rebaños de ganado. Este espacio colectivo está constituido por la suma de los territorios de las distintas unidades domésticas pastoriles susqueñas, conocidos localmente como pastoreos.

A continuación, estas dos imágenes nos permiten observar, primero el modelo estratégico que posee actualmente susques y por segundo el modelo deseado de susques después de implementar dicho plan de ordenamiento territorial.

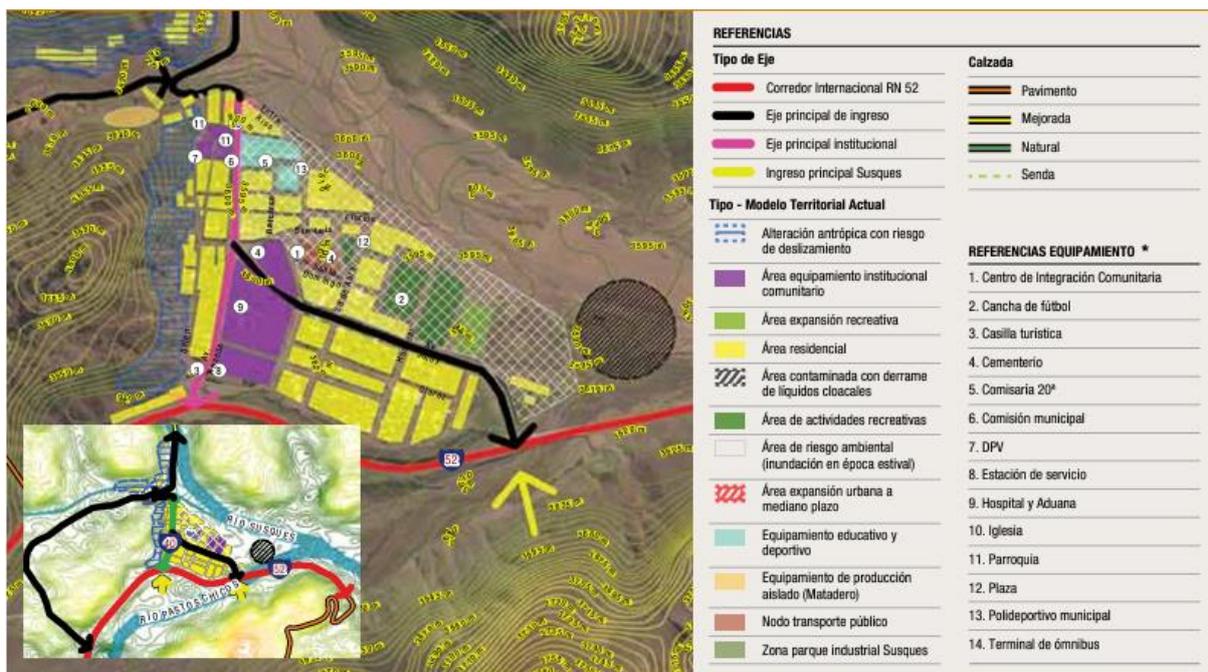


Figura 8.2 Modelo actual de Susques
 Fuente: Informe “Plan estratégico de la Puna, Provincia de Jujuy”

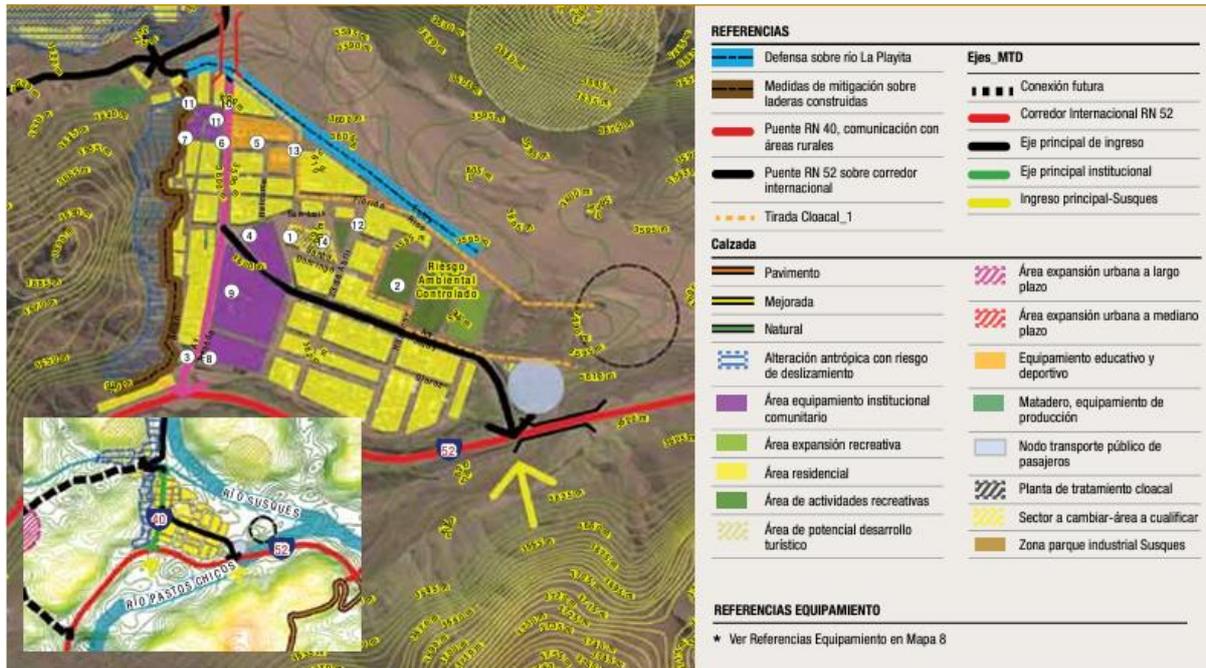


Figura 8.3 Modelo deseado de Susques

Fuente: Informe “Plan estratégico de la Puna, Provincia de Jujuy”

8.1.4.1. Planes de ordenamiento territorial

La primera etapa del Plan concluyó, luego del análisis de las características de la región y su validación en talleres participativos con los habitantes de la Puna, con el planteo de una visión de futuro, el diseño de un Modelo Deseado del Territorio y el desarrollo de una serie de lineamientos estratégicos desagregados en programas y proyectos.

La visión expresa lo que la comunidad espera lograr para su territorio en un horizonte de mediano y largo plazo. En este sentido, se visualiza a la región Puna como un territorio integrado espacialmente y con buena accesibilidad, con centros urbanos que lo articulan y abastecen las vastas extensiones rurales en las que se desarrollan actividades económicas sustentables que generan oportunidades de crecimiento para los pobladores puneños, capacitados en oficios y profesiones compatibles con los recursos naturales y culturales existentes.

El mapa del Modelo Deseado del Territorio Puneño presenta una visión espacial del territorio en la que se expresan, en forma integral, todas las acciones existentes y previstas en la agenda de gobierno.

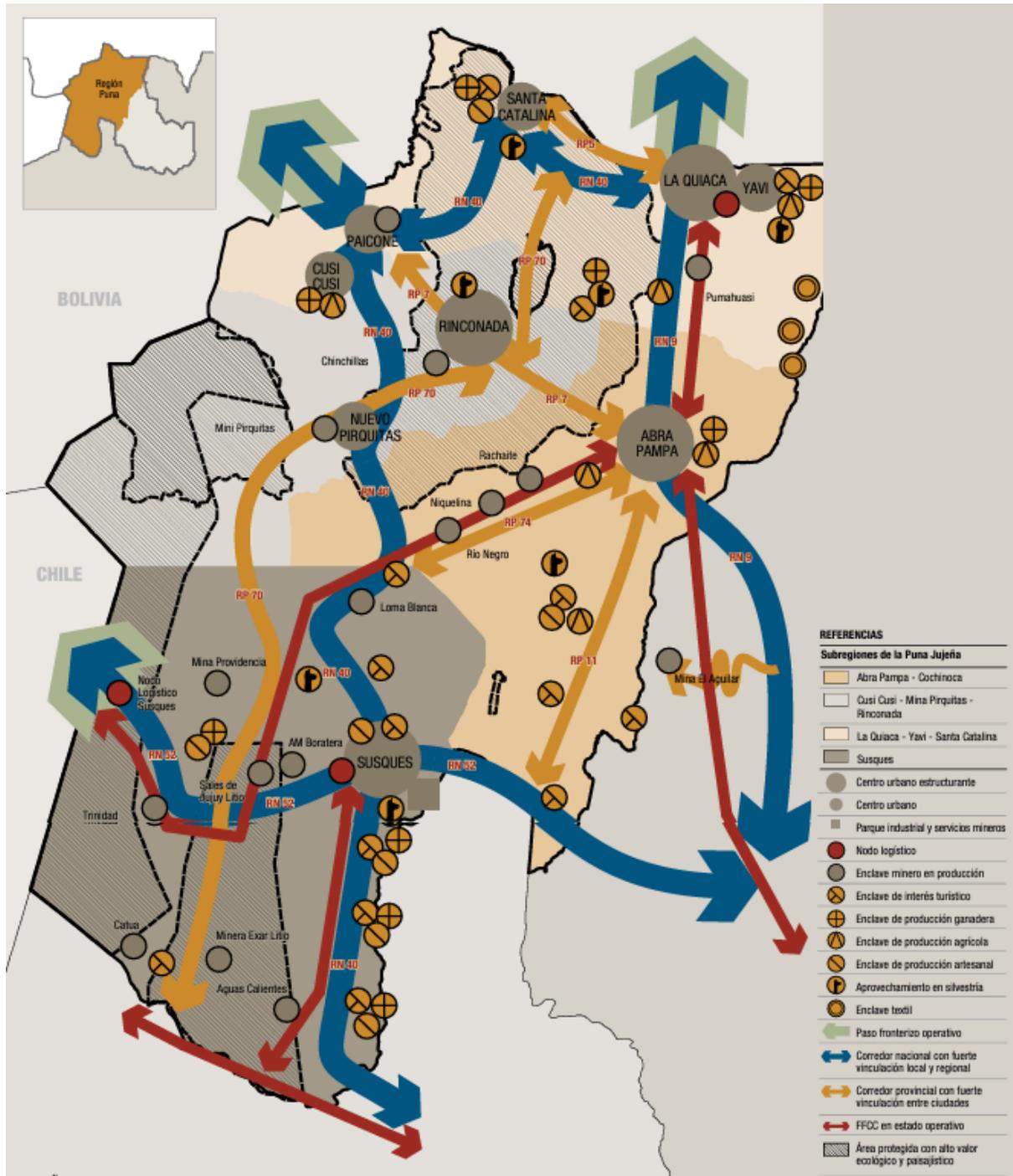


Figura 8.4 Modelo territorial deseado de la Puna Jujeña
 Fuente: Informe “Plan estratégico de la Puna, Provincia de Jujuy”



8.1.4.2. Descripción sintética del modelo

El modelo de ordenamiento territorial propuesto en el plan se basa en los siguientes principios:

Sustentabilidad: Se busca un equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente, promoviendo prácticas que minimicen el impacto ambiental.

Participación Comunitaria: El plan enfatiza la importancia de la participación activa de las comunidades locales en la planificación y gestión del territorio. Esto incluye consultas previas y mecanismos para incorporar las voces de las comunidades indígenas.

Integración Interinstitucional: Se promueve la coordinación entre diferentes niveles de gobierno (nacional, provincial y municipal) y sectores (público, privado y comunitario) para una gestión más efectiva del territorio.

8.1.4.3. Propuesta de los Lineamientos y Estrategias del Desarrollo Territorial y Local

8.1.4.3.1. Lineamientos y estrategias

Lineamientos estratégicos Los objetivos derivados de contrastar los temas críticos con la visión de futuro se priorizaron y agruparon en lineamientos estratégicos orientados a producir transformaciones en el mediano y el largo plazo y cuyo seguimiento y evaluación permanente permitirá realizar valoraciones y eventuales reorientaciones. Atendiendo al objetivo general de recuperar, por parte del Estado, la función de planificar y ejecutar la infraestructura como condición indispensable para sostener un proceso de crecimiento económico con criterios de equidad e inclusión social, se definieron cuatro lineamientos estratégicos con sus correspondientes programas y proyectos.

Estructura territorial

Con el objetivo general de lograr un territorio articulado, comunicado y con transporte de calidad, se dio lugar a la definición de programas y proyectos que determinan acciones específicas sobre el territorio en relación con el sistema vial, el transporte, las comunicaciones, la energía eléctrica, la vivienda, la localización de edificios públicos y la generación de suelo para el crecimiento de los centros urbanos.

Competitividad territorial y capital social

Con el fin de mejorar la calidad de vida de los puneños con estrategias para dominar el difícil ambiente y extenso territorio, se definieron programas y proyectos vinculados con la identidad local y el arraigo, la educación y la salud pública, el desarrollo endógeno con generación de empleo, el emprendimiento, el apoyo a las actividades productivas y el acompañamiento a las comunidades originarias y a las organizaciones de la sociedad civil.



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



Ambiente

Con el objeto de garantizar la sustentabilidad del frágil ambiente puneño a partir de medidas de prevención, compensación y mitigación de impactos, se identificaron programas y proyectos que abordan el manejo de recursos naturales, la desvegetación, la disponibilidad de agua para consumo y la deposición de efluentes cloacales y residuos sólidos.

Fortalecimiento institucional

En la intención de recuperar la capacidad de acción del Estado en los diferentes niveles se propusieron normas relacionadas especialmente con la gestión del territorio.

8.1.4.3.1. Programas y proyectos

A partir de los cuatro lineamientos propuestos -estructura territorial; competitividad territorial y capital social; ambiente; y fortalecimiento institucional-, que funcionan como estrategias generales a partir de las cuales se desarrollan los objetivos para lograr la visión definida, se desagregaron programas sectoriales y, a su vez, proyectos específicos identificados como prioritarios en la intervención territorial propuesta en el Plan Estratégico Territorial de la Puna Jujeña.

LINEAMIENTO ESTRATÉGICO	PROGRAMA	PROYECTO
Estructura territorial	Red ferro-aéreo-vial	Proyecto de Fortalecimiento Institucional de la Dirección Provincial de Vialidad
		Mantenimiento y ampliación de la red vial provincial
		Pavimentación de 500 km de tramos estratégicos en RP 7, 11 y 74
		Enripiado y mejoramiento de 500 km de rutas provinciales de la Puna
		Mejoramiento, mantenimiento y conservación de 600 km de rutas complementarias de la Puna
		Conexión ferroviaria de la Puna
		Habilitación y refuncionalización del Aeropuerto La Quiaca
	Red energética	Mejoramiento del sistema de distribución de energía
		Capacitación sobre energías alternativas (eólica, solar, geotérmica y biomasa)
	Red de transporte público de pasajeros y de carga	Optimización de la red de transporte público de la Puna
		Fortalecimiento institucional de la Unidad Operativa I
	Fortalecimiento de la gestión hídrica	Fortalecimiento institucional de la Dirección Provincial de Recursos Hídricos
		Ampliación y conservación de las defensas y obras complementarias
	Red provincial de datos	Instalación de redes de comunicación telefónica fija, móvil e Internet
Política de vivienda rural	Programa Federal de Pueblos Originarios	



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Lito de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



Competitividad territorial y capital social	Fortalecimiento de la educación regional	Programas educativos que contemplen al sistema sociocultural Puna Programas educativos regionales bilingües e interculturales
	Fortalecimiento de la identidad local	Protección, difusión y enseñanza del patrimonio tangible e intangible
	Fomento de espacios deportivos	Apoyo al mejoramiento de la infraestructura deportiva existente Impulso de la participación de los jóvenes en eventos deportivos
	Revisión del programa de regularización dominial	Implementación de reserva de uso en la entrega de tierras comunitarias
	Fortalecimiento de la atención médica	Mejoramiento de la cobertura de centros de atención médica primaria Salud ambiental
	Fortalecimiento de los sectores con potencial de desarrollo e iniciativas locales favorables	Desarrollo de sistemas ganaderos sustentables (capacitación en manejo de ganado, provisión de maquinaria y desarrollo de infraestructura productiva -refugios, corrales, alambrados y provisión de agua-)

Competitividad territorial y capital social	Fortalecimiento de los sectores con potencial de desarrollo e iniciativas locales favorables	Aprovechamiento sustentable de la vicuña
		Construcción de invernaderos para autoconsumo
		Fomento y desarrollo de la agricultura andina: papa andina, quinoa, maíz andino y haba andina
		Desarrollo de la actividad turística
		Creación y desarrollo de la microempresa
	Comercialización de la producción	Promoción de cadenas agroalimentarias
		Concentración de la oferta y continuidad en la oferta de productos en cantidad y calidad
		Agregado de valor a la producción local: denominación de origen e indicación de procedencia
	Artesanías locales (identidad propia)	Capacitación y formación en diseño y calidad
	Creación y desarrollo de microemprendimientos	Desarrollo del espíritu emprendedor
		Difusión y acceso a créditos blandos
		Comités de desarrollo local
	Desarrollo de la actividad turística	Promoción y difusión del turismo comunitario rural
	Promoción de núcleos vitales productivos articuladores del territorio	Capacitación y concientización en desarrollo y fortalecimiento de centros articuladores (Susques, Abra Pampa, Rinconada, La Quiaca)
Fortalecimiento y promoción de centros de conexión binacional (La Quiaca, Jama, Ciénaga de Paicone)	Desarrollo de los centros de servicios de Abra Pampa y Jama	
	Implementación del centro logístico de Susques	
	Mejoramiento de la competitividad de la Ciudad de La Quiaca como nodo de articulación regional y binacional	
Ambiente	Gestión integral del agua	Conformación de consorcios de riego
		Estudio hidrológico de las cuencas de la región Puna
	Gestión de residuos y efluentes	Gestión de residuos
		Gestión de efluentes
Mitigación de los procesos de desertificación	Mitigación de los procesos de desertificación	
Preservación y gestión de las áreas naturales protegidas	Preservación y gestión de las áreas naturales protegidas	



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Lito de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



Fortalecimiento institucional	Fortalecimiento de vínculos entre comisionados, comuneros y comunidad	Puesta en funcionamiento del Consejo Asesor de las Comunidades
	Descentralización y establecimiento de oficinas públicas	Localización de oficinas de propósitos múltiples
		Conformación de consorcios municipales o comunitarios
	Políticas de suelo	Definición de usos de suelo urbano y rural
		Creación de bancos de tierras
		Definición de normas de construcción
		Definición de normas de parcelamiento, apertura de vía pública, espacios públicos y espacios verdes
		Definición de normas de evaluación ambiental y control de impactos
		Capacitación de recursos humanos
		Generación de recursos económicos e instrumentos financieros
Definición de instrumentos de promoción y desarrollo urbano		
Fortalecimiento institucional comunal	Actualización normativa	
	Capacitación técnica de recursos humanos locales	

Figura 8.5 Programas y proyectos

Fuente: Informe “Plan estratégico de la Puna, Provincia de Jujuy”

8.1.5. ORDENANZAS MUNICIPALES

La Comisión Municipal de Susques en Jujuy ha implementado varias ordenanzas que regulan aspectos fiscales y administrativos en la región. A continuación, se presentan cuatro ordenanzas relevantes:

8.1.5.1. Ordenanza Impositiva N° 01-CMS-24

Esta ordenanza establece la política impositiva para el ejercicio 2024. Su objetivo es fomentar la equidad tributaria y asegurar que el municipio pueda cumplir con sus funciones gubernamentales. La ordenanza permite a la Comisión Municipal generar sus propios ingresos y controlar sus recursos, asegurando que las imposiciones sean razonables y no confiscatorias. Además, se faculta al Concejo Comunal para actualizar los montos fijos de la ordenanza según índices económicos, lo que busca mantener un equilibrio financiero en la recaudación municipal.

8.1.5.2. Ordenanza sobre Seguridad e Higiene

Aunque no se detalla explícitamente en los resultados, es común que las comisiones municipales incluyan regulaciones sobre seguridad e higiene en sus ordenanzas. Generalmente, estas normativas establecen procedimientos para supervisar establecimientos industriales y comerciales, asegurando el cumplimiento de las normativas de seguridad y salubridad vigentes. Esto es fundamental para proteger la salud pública y garantizar un ambiente seguro para los residentes.



8.1.5.3. Ordenanza de Protección del Patrimonio Cultural

Esta ordenanza tiene como objetivo proteger y preservar el patrimonio cultural y arquitectónico de la localidad. Establece medidas para la conservación de edificios históricos y sitios de interés cultural, así como la promoción de actividades que fomenten la identidad local. La normativa incluye la creación de un registro de bienes culturales y la regulación de intervenciones en estos espacios.

8.1.5.4. Ordenanza sobre Uso del Espacio Público

Esta ordenanza regula el uso del espacio público en Susques, estableciendo normas para la ocupación de veredas, plazas y otros espacios comunitarios. Se busca garantizar el acceso y la seguridad para todos los ciudadanos, así como promover actividades que enriquezcan la vida comunitaria. La normativa también establece procedimientos para solicitar permisos para eventos o actividades que requieran el uso del espacio público.

En el contexto del desarrollo de la industria del litio en Susques, se han implementado ordenanzas y normativas que regulan la actividad minera y su impacto en las comunidades locales. A continuación, se mencionan algunas de las ordenanzas relacionadas con el litio en la región:

8.1.5.5. Ordenanza de Regulación de Actividades Mineras

Esta ordenanza establece los lineamientos para la explotación de recursos minerales, incluyendo el litio. Busca garantizar que las actividades mineras se realicen de manera sostenible y respeten los derechos de las comunidades locales. Incluye requisitos para la consulta previa a las comunidades indígenas y la evaluación de impacto ambiental antes de iniciar cualquier proyecto extractivo.

8.1.5.6. Ordenanza sobre Uso del Agua

Dada la preocupación por el uso intensivo de agua en la extracción de litio, esta ordenanza regula el acceso y uso del agua en actividades mineras. Establece límites y condiciones para el uso del recurso hídrico, buscando proteger los ecosistemas locales y asegurar que las comunidades tengan acceso suficiente al agua para sus necesidades.

8.1.5.7. Ordenanza de Participación Comunitaria

Esta normativa promueve la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones relacionadas con proyectos mineros. Se requiere que las empresas mineras presenten informes sobre sus actividades y establezcan mecanismos para que las comunidades puedan expresar sus preocupaciones y propuestas respecto a la explotación del litio.



8.1.6. MARCO IMPOSITIVO

En la Argentina, la recaudación es llevada a cabo por los gobiernos nacional, provincial y municipal, principalmente, mediante impuestos aplicados a ganancias, activos y consumo. A nivel nacional, la AFIP, una entidad independiente que informa al Ministro de Economía, es responsable de cobrar los impuestos, recaudar y supervisar.

A nivel nacional, los principales ingresos por recaudación de impuestos incluyen: Impuesto a las Ganancias, Impuesto al Valor Agregado, Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta, Impuestos Especiales, Impuesto a los Bienes Personales e Impuesto sobre los Débitos y Créditos Bancarios y Otras Operatorias.

A nivel provincial, los impuestos son recaudados y administrados por los organismos fiscales de las provincias, trabajando bajo la directiva de los ministros de economía de cada provincia. Los principales impuestos provinciales son: Impuesto sobre los Ingresos Brutos, Impuesto al Sello e Impuesto a la Transferencia de Inmuebles.

Las municipalidades recaudan ingresos mediante tasas y contribuciones especiales.

8.1.6.1. Impuestos Nacionales

El cobro del sistema tributario nacional se encuentra a cargo de la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP).

8.1.6.1.1. Impuestos a las Ganancias

Todas las ganancias, incluidas las de capital, están sujetas a impuestos en Argentina. Las empresas residentes deben pagar impuestos sobre sus ingresos globales, aunque pueden deducir los impuestos pagados en el extranjero hasta el monto que aumente su obligación fiscal en el país. Se consideran residentes fiscales a ciudadanos argentinos, extranjeros nacionalizados, aquellos con residencia permanente o que hayan vivido legalmente en Argentina por 12 meses, así como sucesiones indivisas y empresas registradas en el país.

Las sucursales locales de empresas extranjeras también son consideradas residentes y están sujetas al impuesto del 35% sobre los ingresos totales, al igual que las empresas nacionales. Las empresas extranjeras sin sucursales o establecimientos permanentes en Argentina solo pagan impuestos sobre los ingresos obtenidos localmente, retenidos por un agente de retención según una escala tributaria basada en el tipo de ingreso. El cálculo de la renta imponible sigue las reglas establecidas por la legislación, que define las deducciones, exenciones, gastos deducibles y el traslado de pérdidas, entre otros aspectos.



8.1.6.1.2. Acuerdos de Doble Tributación

Los acuerdos de doble tributación (ADT) son convenios internacionales que la Argentina ha firmado con más de 15 países para evitar que las empresas o personas físicas paguen impuestos sobre los mismos ingresos, capital o bienes en más de una jurisdicción.

8.1.6.1.3. Impuesto al Valor Agregado (IVA)

El Impuesto al Valor Agregado (IVA) en Argentina es aplicado en cada etapa del proceso de comercialización de bienes y servicios. A diferencia de un impuesto sobre ventas, se permite que las empresas apliquen créditos fiscales por el IVA ya pagado en etapas anteriores de la cadena de suministro, reduciendo el monto del impuesto transferido al gobierno.

La tasa general del IVA es del 21%, mientras que existe un IVA reducido del 10,5% para actividades específicas como la producción primaria y trabajos agrícolas. Además, una tasa diferencial más alta del 27% se aplica a servicios esenciales utilizados en actividades productivas, como la venta de gas, energía eléctrica, agua potable, telecomunicaciones, drenaje y alcantarillado.

Las importaciones están sujetas al IVA a las mismas tasas que los bienes y servicios nacionales. Por el contrario, las exportaciones no están gravadas con IVA, lo que significa que no se aplica este impuesto a los bienes exportados, lo que fomenta la competitividad en mercados internacionales.

8.1.6.1.4. Impuesto a los Bienes Personales

El monto exento de impuesto ha ido incrementándose en los últimos años: en 2022 era de \$9.130.000 y en 2023 fue de \$11.280.000. Para 2024, el umbral es de \$13.000.000, lo que significa que quienes superen este valor en su patrimonio neto deben declarar y pagar el impuesto correspondiente, según la escala progresiva establecida por la ley.

Este impuesto no solo busca gravar el patrimonio doméstico, sino también el valor de los activos en el exterior, aunque se pueden aplicar deducciones o créditos fiscales por impuestos similares pagados en otras jurisdicciones.

8.1.6.1.5. Impuestos sobre los Débitos y Créditos Bancarios y otras operatorias

En 2024, las transacciones en cuentas bancarias mantenidas por instituciones financieras en Argentina están sujetas a impuestos específicos.

Las transacciones de crédito y débito en cuentas bancarias están gravadas con una tasa impositiva general del 0,6%. Las transacciones de dinero realizadas a través de sistemas de pago que sustituyen el uso de cuentas corrientes (como pagos electrónicos o billeteras digitales) están sujetas a un impuesto del 1,2%.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Estas transacciones pueden tener tasas impositivas diferentes o calificar para exenciones específicas.

8.1.6.1.6. Retención a las exportaciones

El Gobierno nacional bajó un 80% el valor de referencia para la exportación del carbonato de litio desde los u\$s53 (FOB) por kilogramo de mayo del 2022 a los actuales u\$s11 (FOB) promedio.

En este marco, la Resolución 5.526 fijó en su Anexo I los nuevos precios vigentes para tres posiciones arancelarias de Li_2CO_3 distintas según su calidad, mientras que en su Anexo II establece cuáles son los países de destino y en el Anexo III dio de baja los precios anteriores, del 2022.

Los carbonatos de litio con un porcentaje de pureza superior o igual al 99,2% excepto calidades de pureza según normas de público conocimiento (farmacopea, analíticas, alimentarias, etc.) pasó a u\$s11,35 el kilogramo.

Los carbonatos de litio con un porcentaje de pureza superior o igual al 98,9%, pero inferior a 99,2%, excepto calidades de pureza según normas de público conocimiento (farmacopea, analíticas, alimentarias, etc.) pasó a u\$s11 el kilogramo.

Los carbonatos de litio con un porcentaje de pureza superior o igual al 89,9%, pero inferior a 98,9%, excepto calidades de pureza según normas de público conocimiento (farmacopea, analíticas, alimentarias, etc.) pasó a u\$s10,84 el kilogramo.

8.1.6.1.7. Impuesto PAÍS

El Impuesto PAIS (Impuesto Para una Argentina Inclusiva y Solidaria) es un tributo implementado en diciembre de 2019 en Argentina, que se aplica a las transacciones que involucran la compra de moneda extranjera y ciertos gastos relacionados con el exterior.

En 2024, sigue vigente con una tasa general del 30% sobre la compra de dólares para ahorro, gastos de turismo, y operaciones con tarjetas de crédito y débito en el exterior.

A partir de septiembre de 2024, la tasa para importaciones de bienes y fletes se redujo de 17,5% a 7,5%.

8.1.6.2. Impuestos Provinciales

Los principales impuestos cobrados a nivel provincial son recaudados por los organismos fiscales de cada provincia.



8.1.6.2.1. Impuestos sobre los ingresos brutos

Es un tributo provincial que se aplica a los ingresos obtenidos por las empresas a lo largo de su actividad comercial. Las tasas del impuesto varían según la provincia y la actividad económica, y suelen oscilar entre el 1% y el 5% sobre el total de los ingresos brutos.

En la provincia de Jujuy, donde se encuentra una importante actividad minera relacionada con la extracción de litio, el Impuesto sobre los Ingresos Brutos se aplica de acuerdo con las leyes fiscales provinciales.

Según el Artículo 284 inciso 11 de la Ley 5.791 - CÓDIGO FISCAL DE JUJUY, quedan exentas del Impuesto Sobre los Ingresos Brutos las actividades de producción primaria minera comprendidas entre la prospección y la extracción del mineral. Se incluyen los procesos industriales subsiguientes cuando se trate de una misma actividad económica integrada regionalmente.

Para gozar de los beneficios los contribuyentes deberán acogerse al "Régimen de inversiones para la actividad minera" normado por la ley 24.196, extremo que será acreditado con un informe de la Dirección Provincial de Minería y Recursos Energéticos.

8.1.6.2.2. Impuesto al sello

Es un impuesto provincial aplicado a la realización de instrumentos notariales y privados que incorpora contratos y otras transacciones para consideraciones valiosas.

El Art. 171 de la Ley 5.791 - CÓDIGO FISCAL DE JUJUY establece que los actos jurídicos y contratos onerosos realizados en la provincia, ya sean presenciales o a distancia, están sujetos al Impuesto de Sellos. También incluye las operaciones monetarias que generen intereses y las operaciones de ahorro previo que se perfeccionen o realicen en la provincia.

Art. 187 - Son contribuyentes todos aquellos que realicen las operaciones o formalicen los actos o contratos sometidos al impuesto de sellos.

8.1.6.2.3. Impuestos a la transferencia de inmuebles

Es un impuesto que grava las transferencias de inmuebles ubicados en el país, y recae sobre las personas físicas y sucesiones indivisas que no realizan como actividad comercial habitual la compra-venta de inmuebles, reglamentado por la Ley 23.905 y la R.G. AFIP 2141/2006.

Se considera transferencia a la venta, permuta, cambio, dación en pago, aporte a sociedades y todo acto de disposición por el que se transmita el dominio a Título oneroso. Este impuesto surge de aplicar el 1,5% sobre el valor de transferencia de cada operación (monto que surge de la escritura traslativa de dominio, boleto de compraventa o documento equivalente), y será retenido por el escribano interviniente o por el comprador, cuando no exista el anterior.



El Art. 147 de la Ley 5.791 - CÓDIGO FISCAL DE JUJUY establece que por cada inmueble urbano o rural ubicado en el territorio de la Provincia deberán pagarse los impuestos básicos y adicionales anuales establecidos en este Título. Su monto surgirá de la aplicación de las alícuotas que fije la ley impositiva sobre la valuación fiscal de la tierra libre de mejoras y de las mejoras. El importe anual del impuesto no será inferior a la suma que, como mínimo determine la ley impositiva.

8.1.6.3. Impuestos Municipales

Los municipios cobran honorarios por varios servicios relacionados con la seguridad industrial, la higiene pública y la iluminación, por nombrar algunos; cálculo basado en variables como el ingreso público o parámetros fijos como el número de empleados, la capacidad de fuerza motriz y la potencia, entre otros.

8.1.6.3.1. Trámites e inscripciones impositivas

El concejo deliberante del Departamento de Susques, en la provincia de Jujuy, sanciona con fuerza de ordenanza:

Art. 1. Créase la Unidad Tributaria de Referencia (UTR) en el Departamento de Susques, la cual constituye una unidad de medida no monetaria para la expresión de los importes mínimos y fijos que se establecen en la Ordenanza Impositiva local. Dicha unidad estará conformada por los insumos de mayor relevancia en el costo de los servicios prestados por el municipio.

Art. 2. Facúltase al Poder Ejecutivo Municipal, a través de la Secretaría de Hacienda, a determinar mediante resolución los valores mensuales de la Unidad Tributaria de Referencia (UTR). Estos valores deberán ser publicados y puestos a disposición de los contribuyentes en las carteleras ubicadas en los edificios municipales y otros puntos estratégicos del departamento.

8.2. ASPECTOS NORMATIVOS Y DE CALIDAD

8.2.1. INTRODUCCIÓN

En la República Argentina existen diferentes normas que indican las exigencias, tales como normas ISO, IRAM, ASME, etc., que en algunos casos pueden ser necesarias para ingresar en mercados específicos, o pueden ser implementadas por decisiones empresariales a través de la iniciativa de la política de calidad de la dirección o como estrategias comerciales.

Si bien estas normas contribuyen a la eficiencia de la organización, para ser aplicadas y certificadas es necesario realizar una inversión y disponer de capital humano y financiero para su mantenimiento. Numerosos estudios indican que la mejor organización que brinda la correcta utilización y aplicación del sistema de calidad mejora considerablemente la utilidad neta de la empresa.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Esto se debe a una disminución de costos como tiempos improductivos, disminución de transporte de mercaderías, mejora en el layout de la empresa y mejora en la conformidad de la satisfacción del cliente por estandarización de la calidad.

8.2.2. NORMAS POR CERTIFICAR

8.2.2.1. Normas ISO

ISO, (Organización Internacional de Normalización, por sus siglas en inglés) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las Normas Internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrónica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrónica.

La adopción de un sistema de gestión de calidad debería ser una decisión estratégica de la organización. El diseño y la implementación del sistema de gestión de la calidad de la organización están influenciados por:

- a) El entorno de la organización, los cambios en ese entorno y los riesgos asociados con ese entorno.
- b) Sus necesidades cambiantes,
- c) Sus objetivos particulares,
- d) Los productos que proporciona
- e) Los procesos que emplea,
- f) Su tamaño y la estructura de la organización,

El modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos que se muestra en la Figura 8.2.2.1. muestra que los clientes juegan un papel significativo para definir los requisitos como elementos de entrada. El seguimiento de la satisfacción del cliente requiere la evaluación de la información relativa a la percepción del cliente acerca de si la organización ha cumplido sus requisitos.

El modelo mostrado en la Figura 8.2.2.1. cubre todos los requisitos de esta Norma Internacional, pero se refleja los procesos de una forma detallada.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



Figura 8.6 Ciclo PHVA

Fuente: Normas ISO

NOTA: De manera adicional, puede aplicarse a todos los procesos la metodología conocida como "Planificar-Hacer-Verificar-Actuar" (PHVA), que brevemente puede describirse como:

- Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Hacer: implementar los procesos.
- Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

8.2.2.1.1. ISO 9000 - Sistemas de Gestión de Calidad

La serie de Normas ISO 9.000 son un conjunto de enunciados, los cuales especifican qué elementos deben integrar el sistema de gestión de la calidad de una organización y cómo deben funcionar en conjunto estos elementos para asegurar la calidad de los bienes y servicios que produce la organización.

Las Normas ISO 9000 no definen cómo debe ser el sistema de gestión de la calidad de una organización, sino que fija requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de gestión de la calidad. Dentro de estos requisitos hay una amplia gama de posibilidades que permite a cada organización definir su propio sistema de gestión de la calidad, de acuerdo con sus características particulares.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Las Normas ISO relacionadas con la calidad son las siguientes:

ISO 9000: Sistemas de gestión de la calidad – fundamentos y vocabulario. En ella se definen términos relacionados con la calidad y establece lineamientos generales para los sistemas de gestión de la calidad.

ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad – requisitos. Establece los requisitos mínimos que debe cumplir un sistema de gestión de la calidad. Puede utilizarse para su aplicación interna, para certificación o para fines contractuales.

ISO 9004: Sistemas de gestión de la calidad –directrices para la mejora del desempeño. Proporciona orientación para ir más allá de los requisitos de la ISO 9 001, persiguiendo la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

8.2.2.1.2. ISO 14000 - Sistemas de Gestión Medioambiental

La ISO 14.000 es una serie de normas internacionales para la gestión medioambiental. Es la primera serie de normas que permite a las organizaciones de todo el mundo realizar esfuerzos medioambientales y medir la actuación de acuerdo con unos criterios aceptados internacionalmente. La ISO 14.001 es la primera de la serie 14.000 y especifica los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión medioambiental. La ISO 14 001 está dirigida a ser aplicable a “organizaciones de todo tipo y dimensiones y albergar diversas condiciones geográficas, culturales y sociales”. El objetivo general tanto de la ISO 14 001 como de las demás normas de la serie 14.000 es apoyar a la protección medioambiental y la prevención de la contaminación en armonía con las necesidades socioeconómicas. La ISO 14001 se aplica a cualquier organización que desee mejorar y demostrar a otros su actuación medioambiental mediante un sistema de gestión medioambiental certificado.

La ISO 14001 no prescribe requisitos de actuación medioambiental, salvo el requisito de compromiso de continua mejora y la obligación de cumplir la legislación y regulación relevantes.

La norma no declara la cantidad máxima permisible de emisión de óxido nitroso de gases de combustión, ni el nivel máximo de contenido bacteriológico en el efluente de aguas residuales. La ISO especifica los requisitos del propio sistema de gestión, que, si se mantienen adecuadamente, mejorarán la actuación medioambiental reduciendo los impactos, tales como emisiones de óxido nitroso y efluentes bacteriológicos.



8.2.2.1.3. ISO 18000 - Seguridad y Calidad de Vida en el Trabajo

Son una serie de estándares voluntarios internacionales relacionados con la gestión de seguridad y salud ocupacional. Que buscan a través de una gestión sistemática y estructurada asegurar el mejoramiento de la salud y seguridad en el lugar de trabajo.

El objetivo de la norma es proporcionar a las organizaciones un sistema de gestión de la seguridad y la salud ocupacional que permita identificar y evaluar riesgos laborales desde el punto de vista de requisitos legales.

8.2.2.1.4. ISO 26 000 - Responsabilidad Social Empresaria

El objetivo que se plantea es el de:

- Asistir o ayudar a las organizaciones a establecer, implementar, mantener y mejorar los marcos o estructuras de RS.
- Apoyar a las organizaciones a demostrar su RS mediante una buena respuesta y un efectivo cumplimiento de compromisos de todos los accionistas y grupos de interés, incluyendo a los gestores, a quienes quizás recalcará su confianza y satisfacción; facilitar la comunicación confiable de los compromisos y actividades relacionadas a RS.
- Promover y potenciar una máxima transparencia. El estándar será una herramienta para el desarrollo de la sustentabilidad de las organizaciones mientras se respetan variadas condiciones relacionadas a leyes de aguas, costumbre y cultura, ambiente psicológico y económico.
- Hacer también un ligero análisis de la factibilidad de la actividad, refiriéndose a los asuntos que pueden afectar la viabilidad de la actividad y que requieren de consideraciones adicionales por parte de ISO.

De esta manera se plantean como beneficios esperados de la implementación del estándar, los siguientes:

- Facilitar el establecimiento, implementación y mantenimiento y mejora de la estructura o marcos de RS en organizaciones que contribuyan al desarrollo sustentable.
- Contribuir a incrementar la confianza y satisfacción en las organizaciones entre los accionistas y grupos de interés (incluyendo a los gestores);
- Incrementar las garantías en materia de RS a través de la creación de un estándar único aceptado por un amplio rango de stakeholders;
- Fortalecer las garantías de una observancia de conjuntos de principios universales, como se expresa en las convenciones de las Naciones Unidas, y en la declaración incluida en los principios del pacto global y particularmente en la declaración universal de los derechos humanos, las declaraciones y convenciones de OIT, la declaración de Río sobre el medioambiente y desarrollo, y la convención de las Naciones Unidas contra la corrupción.



- Facilitar las liberaciones del mercado y remover las barreras del comercio (implementación de un mercado abierto y libre), complementar y evitar conflictos con otros estándares y requerimientos de RS ya existentes.

8.2.2.2. Normas IRAM

El Instituto Argentino de Normalización y Certificación (originalmente Instituto de Racionalización Argentino de Materiales: IRAM) es el instituto encargado de la normalización y certificación, en Argentina.

Se trata de un organismo público cuyos orígenes se remontan al 2 de mayo de 1935. Fue el primer organismo de normalización en América Latina.

Tiene convenios con distintos organismos internacionales, y con universidades. Entre los primeros, se encuentran AENOR, AFNOR y ABNT; mientras que entre las universidades se cuenta la UBA y la UNLP, entre otras.

El IRAM cuenta con distintas filiales dentro de Argentina y filiales en Chile, Bolivia, Ecuador y Perú. IRAM es el representante argentino de la ISO, en la “Comisión Panamericana de Normas Técnicas” (COPANT) y en la “Asociación MERCOSUR de Normalización” (AMN). Las normas IRAM que aplicarán sobre este proyecto son las siguientes:

Normas sobre seguridad	
IRAM 10 004	Lentes para sistemas fijos de señalamiento luminoso para tránsito. Características generales
IRAM 10 005-1	Colores y señales de seguridad. Colores y señales fundamentales.
IRAM 10 005-2	Colores y señales de seguridad. Aplicación de los colores de seguridad en señalizaciones particulares.
IRAM 10 007	Señales de advertencia. Sistema de señalización de riesgos para eventual incendio u otra emergencia.
IRAM 10 031	Juego de balizas triangulares retrorreflectoras.
IRAM 10 032	Baliza cónica para señalización vial.
IRAM 10 033	Señales de advertencia. Láminas reflectoras adhesivas.
IRAM 10 036	Retrorreflectores. Definiciones y coordenadas geométricas para la medición de cantidades vinculadas con la retrorreflexión.
IRAM 10 037	Retrorreflectores. Método de ensayo para la medición de características fotométricas.
IRAM 113 094	Plantas y tacos de caucho para calzado de seguridad. Características de los compuestos de caucho.
IRAM 113 095	Compuestos de poliuretano para plantas y yacos de calzado de seguridad.
IRAM 13 300	Guantes de polil (cloruro de vinilo) plastificado para uso general.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



IRAM 13 301	Guantes entelados de polil (cloruro de vinilo) plastificado para uso industrial.
IRAM 2 507	Sistema de seguridad para la identificación de cañerías.
Normas de calidad ambiental	
IRAM 29 001	Ecología. Aire. Definiciones.
IRAM 29 002-1	Ecología. Calidad del agua. Definiciones.
IRAM 29 004	Calidad del medio ambiente. Definiciones de términos generales.
IRAM 29 005	Medio ambiente y recursos de base. Vocabulario sobre materias primas. Términos utilizados para la gestión de desechos.
IRAM 29 006	Calidad del medio ambiente. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno después de 5 días (DBO5), por dilución y siembra.
IRAM 29 007-1	Calidad del agua. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) por la técnica del dicromato.
IRAM 29 007-2	Calidad del agua. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO). Parte 2: Método colorimétrico con reflujo cerrado.
IRAM 29 008	Medio ambiente. Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto. Método yodométrico.
IRAM 29 009	Medio ambiente. Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto. Método electroquímico de la sonda.
IRAM 29 010-1	Calidad ambiental. Calidad del agua. Determinación de cianuro. Parte 1: Determinación de cianuro total.
IRAM 29 010-2	Calidad ambiental. Calidad del agua. Determinación de cianuro. Parte 1: Determinación de cianuro fácilmente liberable.
IRAM 29 011	Calidad ambiental. Calidad de agua. Determinación de turbidez.
IRAM 29 012-1	Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 1: Directivas generales para el diseño de programas de muestreo.
IRAM 29 012-10	Medio ambiente. Calidad de agua. Muestreo de aguas residuales.
IRAM 29 012-11	Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11: Directivas para el muestreo de aguas subterráneas.
IRAM 29 012-12	Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11: Directivas para el muestreo de sedimentos.
IRAM 29 012-13	Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11: Directivas para el muestreo de lodos de aguas residuales y de aguas tratadas, y lodos relacionados.
IRAM 29 012-14	Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11: Directivas para el aseguramiento de la calidad del muestreo y manipulación del agua.
IRAM 29 012-15	Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11: Directivas para la preservación y manipulación de muestras de barros y sedimentos.
IRAM 29 012-16	Calidad ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 16: Guía para el bioensayo de muestras.

Tabla 8.3 Normas IRAM aplicables al proyecto

Fuente: Elaboración propia



9. ESTUDIO AMBIENTAL

9.1 INTRODUCCIÓN

La correcta gestión de los aspectos ambientales resulta un factor fundamental para cualquier proyecto. Para garantizar el desarrollo sustentable debemos conseguir tanto el beneficio económico como la protección del medio ambiente. En los casos en los que no se ha cumplido un correcto manejo ambiental la oposición social puede interrumpir e incluso impedir la instalación de nuevos proyectos. Además, el cumplimiento de las leyes ambientales, así como también la búsqueda del consenso social para la actividad favorecen una producción amigable con el entorno.

Se define como impacto ambiental a toda acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes de éste. El término impacto no implica negatividad, ya que éstos pueden ser tanto positivos como negativos. Las alteraciones pueden ser de distintos grados de intensidad en el entorno en el que se desarrolle.

La evaluación del impacto en el entorno es un procedimiento técnico– administrativo que se utiliza para identificar, prevenir e interpretar el conjunto de las correspondencias influyentes en el ambiente que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado. Implica anticipar las consecuencias de una acción y poder así buscar alternativas que minimicen los efectos sobre el ambiente. Para ello, se requiere de una clara comprensión de distintos procesos tecnológicos, económicos y sociales.

En este capítulo, se realizará un estudio preliminar de los potenciales impactos que podrían tener lugar en las distintas fases del proyecto (construcción, operación y abandono). Además, se propondrán alternativas de tratamiento de los efluentes generados, con el fin de reducir el impacto que el proyecto pueda generar sobre el ambiente.

Se deja constancia que el análisis deberá ser ampliado en la etapa de factibilidad.

9.2 RESPONSABILIDAD SOCIAL AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) es un concepto de gran importancia para el presente capítulo. La misma se define como la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, generalmente con el objetivo de mejorar su situación competitiva, valorativa y su valor agregado, es de gran importancia tenerlo presente.

Lo mencionado con anterioridad se encuentra ligado íntimamente con la Responsabilidad Ambiental la cual recae en las organizaciones, como principales fuentes de contaminación ambiental. Por esa misma razón es que las empresas deben incluir, dentro de sus programas,

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



estrategias que minimicen los impactos ambientales generados por la propia actividad del proyecto.

Muchas empresas han instaurado dentro de su organización, el SGA (Sistema de Gestión Ambiental), el cual se trata de un sistema estructurado de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procesos, los procedimientos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día, los compromisos en materia de protección ambiental a los que suscribe una compañía.

En cuanto a la empresa, el modelo de gestión propuesto se basa en un modelo de autocontrol que permita conocer todos los impactos ambientales generados por la empresa para valorarlos según criterios objetivos. Una vez determinados los impactos se ponderan en función de su importancia, para operar posteriormente, sobre ellos priorizando el orden instituido y su evolución a través del tiempo.

Para establecer este sistema de autocontrol y poder verificar su validez se sigue una serie de pasos que se plasman y sintetizan en una “Matriz de Impacto Ambiental”.

9.3 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ASOCIADA AL PROYECTO

La empresa se trata de una planta de producción de carbonato de litio verde que será ubicada en el área industrial del salar de Cauchari, lo que proporciona una serie de ventajas, especialmente en relación con uno de los factores más complejos de abordar: la aceptación social. Además, al emplear un proceso de extracción directa, se distingue de otros métodos similares utilizados en la región, reforzando su posicionamiento como una alternativa más sostenible y ambientalmente responsable

En el caso de efluentes líquidos, una parte significativa de la salmuera inicial se reincorpora al salar, lo que constituye una ventaja del proceso de extracción directa en comparación con el método convencional. Este proceso permite la recuperación de hasta un 95% del agua salinizada, reduciendo significativamente el impacto ambiental asociado al método tradicional de evaporación. Además, toda el agua de proceso utilizada es enviada a una planta de tratamiento, asegurando su retorno con una calidad adecuada para no generar efectos adversos en el entorno.

En cuanto a los efluentes gaseosos, el dióxido de carbono utilizado en el proceso es reinyectado en el mismo, lo que evita su liberación a la atmósfera y garantiza que no genere un impacto negativo en el ambiente ni en el proceso productivo.

En relación con los gases liberados por la caldera y las cenizas resultantes, se implementarán medidas preventivas y correctivas cuando sea necesario. Estos tratamientos garantizarán que las emisiones y los residuos sean gestionados de manera adecuada, minimizando su impacto ambiental y cumpliendo con las normativas vigentes.



9.4 MARCO LEGAL

Como se determinó con anterioridad, el proyecto se instalará en la localidad de Cauchari, provincia de Jujuy (Véase Capítulo 5 “Localización”). Por lo tanto, la legislación nacional y provincial aplicable al mismo fue detallada en el Capítulo 8 “Aspectos Legales y Normativos”.

9.5 ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

La estructura de la Evaluación de Impacto Ambiental comprende los siguientes ítems:

- Determinación de la línea de base ambiental o línea cero: descripción general del entorno del proyecto.
- Identificación y valoración de impactos ambientales.
- Plan de gestión ambiental.

9.5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES Y DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE AMBIENTAL

A continuación, se describen las características del entorno de las obras a realizar, conforme los aspectos ambientales, el medio natural y el antrópico.

9.5.1.1 Medio físico

El Altiplano-Puna es una meseta elevada dentro de los Andes centrales. La Puna abarca parte de las provincias argentinas de Jujuy, Salta, Catamarca, La Rioja y Tucumán, con una altitud media de 3.700 msnm.



Figura 9.1 Localización del proyecto, accesos e infraestructura

Fuente: Flo Solutions



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



El Complejo Volcánico Altiplano-Puna (APVC) se muestra en la Figura 9.1 y está asociado con numerosos estratovolcanes y calderas. Las investigaciones han demostrado que el APVC está subyacente por una extensa cámara magmática a una profundidad de entre 4 y 8 km .

La fisiografía de la región se caracteriza por cuencas y cordilleras que tienden de norte a sur, con cañones que atraviesan las cordilleras Occidental y Oriental. Hay numerosos centros volcánicos en la Puna, particularmente en la Cordillera Occidental, donde los conos volcánicos están presentes a lo largo de la frontera entre Chile y Argentina.

Los lagos salinos secos (salares) en la Puna se encuentran dentro de muchas de las cuencas cerradas, que tienen un drenaje interno (endorreico). El aporte de agua a estos salares proviene de las lluvias de verano, la escorrentía superficial y los flujos de aguas subterráneas, mientras que la descarga se produce a través de la evaporación.

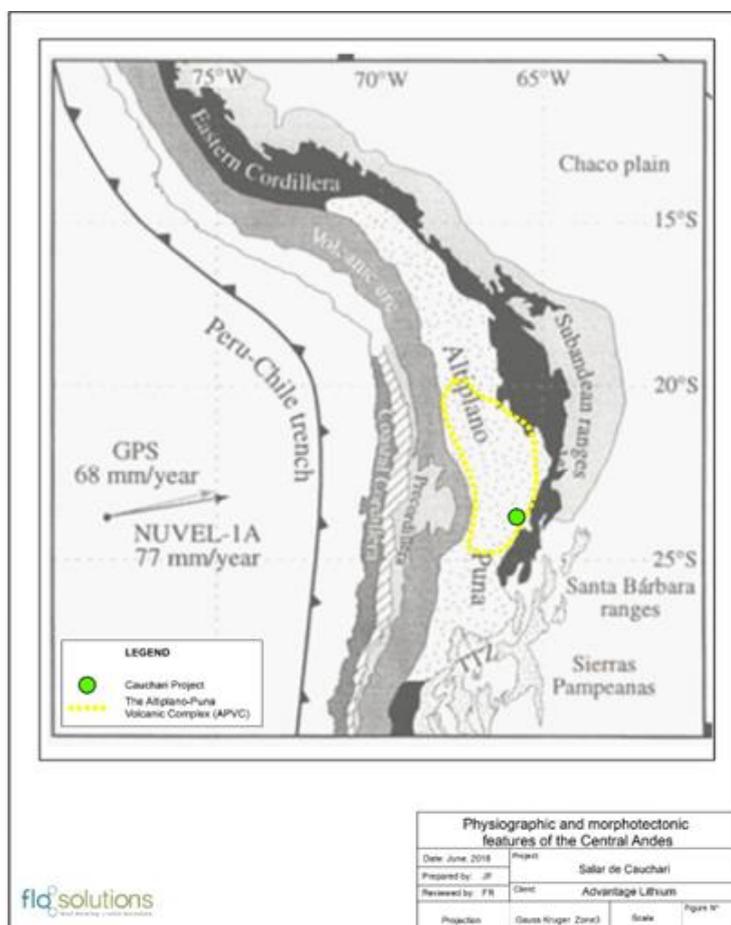


Figura 9.2 Características fisiográficas y morfotectónicas de los Andes Centrales
Fuente: Flo Solutions



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



Las principales observaciones fisiográficas sobre el salar de Cauchari incluyen:

La divisoria de drenaje entre el salar de Cauchari, al sur, y el salar de Olaroz, al norte, coincide con la ruta internacional RN 52, que cruza entre estos salares y continúa hacia el oeste, conectando Argentina con Chile en el paso de Jama.

El gran abanico aluvial de Archibarca está presente en el lado occidental del salar de Cauchari. El lado oriental del salar alberga abanicos aluviales más pequeños que ingresan a la cuenca.

El río Tocomar entra desde el sur en la cuenca de Cauchari y fluye hacia el norte, hacia el núcleo del salar. Se han reportado aguas termales en la cabecera del río, en el extremo sureste de la cuenca.

La cuenca de drenaje de Cauchari abarca unos 6.000 km², con el núcleo del salar cubriendo aproximadamente 250 km², como se muestra en la figura.

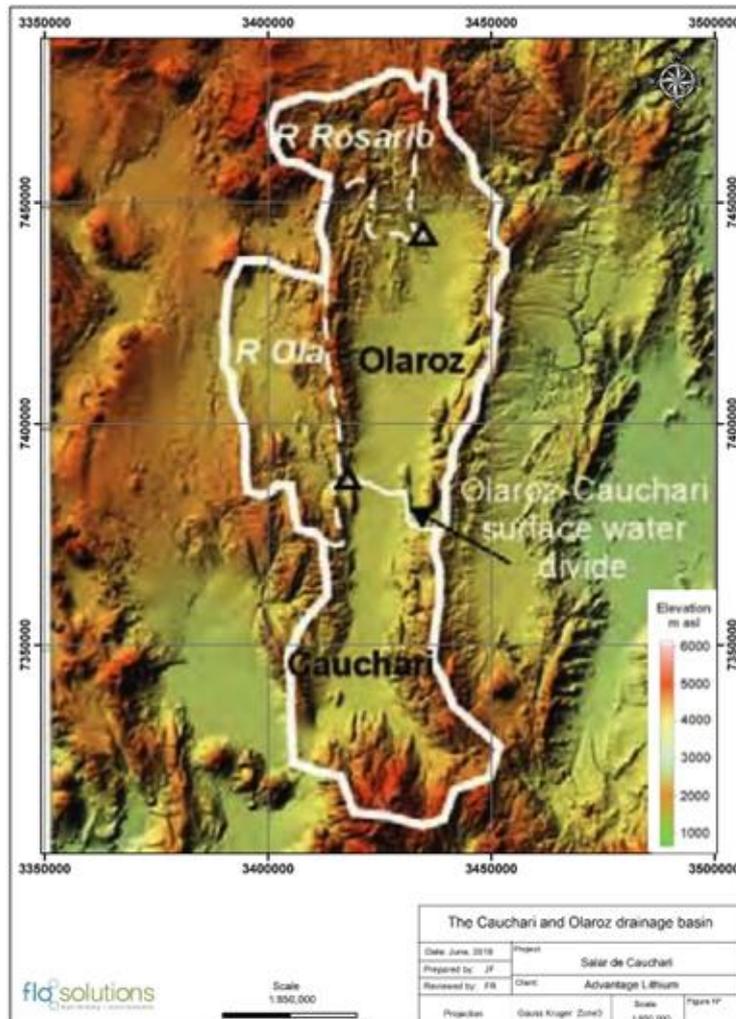


Figura 9.3 La cuenca de drenaje de Cauchari y Olaroz
Fuente: Flo Solutions



9.5.1.1.1 Clima de la región

El clima en el área del proyecto es severo y puede describirse como típico de un desierto continental, frío y de gran altitud, con escasa vegetación resultante. Las variaciones diarias de temperatura pueden superar los 25°C. La radiación solar es intensa, especialmente durante los meses de verano de octubre a marzo, lo que provoca altas tasas de evaporación.

La temporada de lluvias es entre los meses de diciembre a marzo. Pueden ocurrir inundaciones ocasionales en el Salar durante la temporada de lluvias y pueden limitar algunas actividades mineras. Se dispone de datos climáticos históricos limitados para el proyecto y las áreas circundantes. Orocobre y Lithium Americas Corporation (LAC) operan estaciones meteorológicas en Salar de Olaroz y Cauchari, respectivamente desde 2010.

9.5.1.1.2 Temperaturas

La tabla 9.1 muestra los datos de temperatura de las estaciones alrededor del Proyecto, incluyendo Susques y Olaroz. La estación de Olaroz muestra temperaturas medias mensuales durante todo el año, desde los 4°C en julio hasta los 14°C en febrero, según los datos recogidos entre diciembre de 2012 y agosto de 2016.

Olaroz project (3,900 masl) Dec 2012 – Aug 2016													
Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Mean	12.8	14.1	11.6	10.8	6.9	5.1	4.3	5.3	5.5	9.3	11.5	13.0	9.2
Maximum	22.9	24.1	21.9	21.6	19.1	15.5	13.4	16.8	17.9	21.2	22.6	24.1	20.1
Minimum	2.7	4.1	1.4	-0.8	-5.2	-5.3	-4.9	-6.3	-7.0	-2.7	0.4	1.9	-1.8
Susques Temp, 50 km northeast of Project (3,675 masl) 1972-1996													
Mean*	11.3	11.2	10.5	8.1	4.9	3.0	2.5	4.6	6.6	8.9	10.4	11.1	7.8
Other Jujuy and Puna area data													
Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
La Quiaca	12.3	12.0	12.2	10.0	6.4	3.9	4.1	5.8	8.6	10.4	12.0	12.2	9.2
Abra Laite	11.3	11.2	10.5	8.2	5.1	3.2	2.7	4.7	6.6	8.9	10.4	11.0	7.8
Barrios	11.9	11.7	11.2	9.0	6.1	4.2	3.7	5.7	7.5	9.8	11.1	11.6	8.6
Cangrejillos	11.6	11.5	10.2	7.5	4.0	1.6	1.1	3.3	5.4	7.8	10.1	11.4	7.1
Castro Tolay Abdon	12.4	12.2	11.5	9.1	6.0	4.0	3.4	5.6	7.6	10.0	11.5	12.2	8.8
Abra Pampa	11.8	11.8	11.5	10.6	6.5	4.0	3.9	6.1	8.5	10.5	11.8	12.2	8.0
Susques	10.8	10.6	10.2	8.3	5.0	2.3	2.0	3.8	6.1	9.8	10.3	11.1	7.5
Tres Cruces	10.3	10.2	9.7	8.5	5.4	3.3	3.1	5.1	7.4	9.0	10.5	10.7	7.8
Cieneguillas	10.7	10.7	10.3	8.2	5.3	3.5	2.9	4.8	6.5	8.8	10.0	10.5	7.7
Cochinoca	11.2	11.0	10.5	8.3	5.2	3.4	2.8	4.8	6.7	9.0	10.3	10.9	7.8
Condor	10.0	10.0	9.6	7.5	4.5	2.8	2.1	4.1	5.8	8.0	9.3	9.8	7.0
Coranzuli	9.1	9.1	8.6	6.4	3.3	1.6	0.9	3.0	4.8	6.9	8.3	8.9	5.9

Tabla 9.1 Promedio mensual de temperatura (°C)

Fuente: Flo Solution



La temperatura media anual en Olaroz es de aproximadamente 9° C, con extremos entre 25° C y 19° C durante todo el año. Se espera que las condiciones sean muy similares en Cauchari.

9.5.1.1.3 Precipitaciones

La temporada de lluvias se extiende entre los meses de diciembre y marzo, cuando ocurre la mayor parte de la precipitación anual, a menudo en breves tormentas convectivas que se originan en la Amazonía al noreste. El período entre abril y noviembre suele ser seco. La precipitación anual tiende a aumentar hacia el noreste, especialmente en las elevaciones más bajas. El ENSO (Oscilación Sur-El Niño) ejerce un control significativo sobre la precipitación anual, con diferencias anuales notables en la lluvia vinculadas a los eventos de ENSO.

La Tabla 9.2 muestra los datos de precipitación local disponibles de estaciones en la planta piloto de Olaroz (20 km al norte), Susques (50 km al noreste), Olacapato (50 km al sur), La Quiaca (210 km al norte-noreste), Mina Pan de Azúcar (140 km al norte-noreste) y Salar de Hombre Muerto (200 km al sur). Basado en los datos históricos, ubicación y elevación, Houston (2011) calculó que una precipitación media anual a largo plazo de 130 mm es probable para el Salar de Olaroz.

La estación de Olaroz muestra una precipitación anual promedio de 49 mm durante el período 2008-2009. Considerando la proximidad del salar de Cauchari al de Olaroz, se esperaría una precipitación similar.

Para el año 2024, con base en los datos históricos y la tendencia observada en la región, se puede concluir que a temporada de lluvias continuará ocurriendo entre diciembre y marzo, con la mayor parte de la precipitación anual concentrada en este período, principalmente en forma de breves tormentas convectivas originadas en la Amazonía. Entre abril y noviembre se mantendrá el patrón seco.

Olaroz project weather station, 30 km north of Project (3,900 masl) 2008-2016												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total mm
19	15.5	9.4	0	0	0	0	0	0	0	0	5	48.9*
Hombre Muerto salar, 180 km south of Project (4,000 masl) 2008-2009												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total mm
8.7	17.1	25.2	0	0	0	0	0	0	2.4	4.2	17	74.6
Susques, 50 km northeast of Project (3,675 masl) 1982-1990												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total mm
53.3	58.3	30.4	0.6	0	0	0	0	0	0.3	16	29.1	188.1
La Quiaca, 210 km north northeast of Project (3,442 masl) 1982-1990												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total mm
80.3	72.6	52.4	11.8	0	0	0	0	0	12.8	35.2	73.9	339
Mina Pan de Azucar, 140 km northeast of Project (3,690 masl) 1982-1990												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total mm
100.6	100	66.4	19.7	0	0	0	0	0	6.7	76.3	87.9	457.6
Olacapato, 50 km south of Project(3,820 masl) 1950-1990												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total mm
34	23	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10	71

Tabla 9.2 Promedio mensual de precipitación (mm)

Fuente: Flo Solution



9.5.1.1.4 Humedad

El clima del desierto de la Puna es extremadamente seco durante la mayor parte del año. Sin embargo, en verano, debido a la incursión de la Baja Continental Sudamericana, el aire se modifica adquiriendo un alto contenido de humedad que en ocasiones provoca fuertes precipitaciones como se describió anteriormente.

Los registros diarios promedio muestran estos cambios en la humedad durante el año 2011-2015, Figura 9.4 En cuanto a la humedad relativa, teniendo en cuenta la media mensual, los valores máximos son en verano, 69% en febrero. En noviembre, durante la primavera, la humedad relativa desciende al 5%.

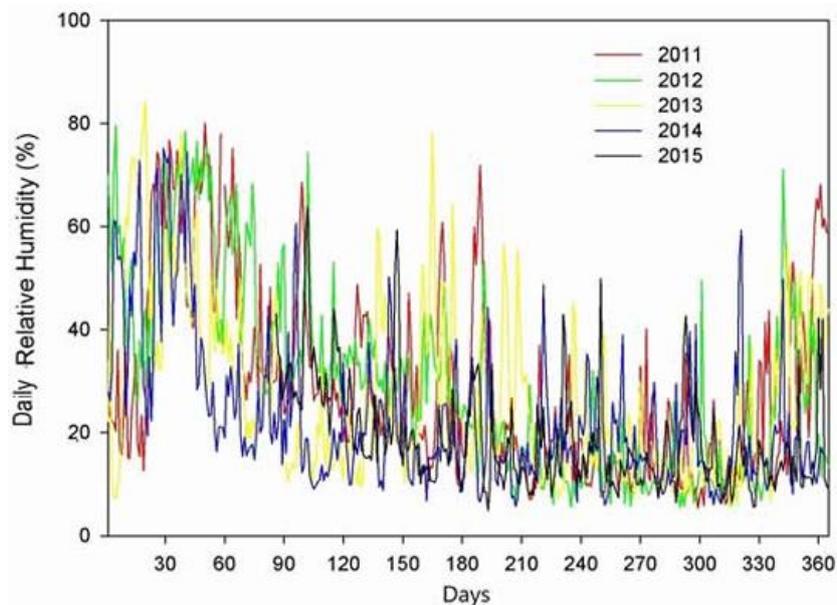


Figura 9.4 Humedad diaria
Fuente: Lithium Americas

9.5.1.1.5 Vientos

Los vientos fuertes son frecuentes en la Puna, alcanzando velocidades de más de 100 km/h en raras ocasiones en Olaroz, con un promedio de 15 km/h.

Durante el verano, el viento suele ser más pronunciado después del mediodía y generalmente calmado durante la noche. En invierno, las velocidades del viento son generalmente mayores que en verano. Los datos de velocidad del viento para varias estaciones en la Puna se presentan en la Tabla 9.6.



Location	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
Purmamarca	3.56	3.79	4.28	4.3	5.58	5.04	4.7	3.61	3.99	5.03	4.44	3.86	4.35
Susques	2.37	3.38	4.73	4.62	6.6	4.38	1.68	3.61	4.09	4.44	2.32	2.62	3.74
Olaroz	6.4	7.4	8.7	8.6	10.6	8.4	5.7	7.6	8.1	8.4	6.3	6.6	7.7

Tabla 9.3 Velocidad promedio mensual del viento (km/h)
Fuente: Flo Solution

9.5.1.1.6 Geología

En la Provincia se distinguen cuatro regiones ambientales:

1. Puna
2. Quebrada
3. Valles (Valles Templados)
4. Yungas (Valles Cálidos)



Figura 9.5 Ecorregiones de Jujuy

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca - Presidencia de la Nación

El salar de Cauchari está situado en el centro de la Meseta de la Puna, una región elevada en el norte de Argentina. Esta área es significativa por su compleja historia geológica, influenciada por procesos tectónicos y volcánicos que han modelado la región a lo largo de millones de años.

La Meseta de la Puna es una meseta alta caracterizada por sus procesos tectónicos y volcánicos únicos. Esta meseta ha sido objeto de un levantamiento tectónico importante a lo largo de sistemas de cabalgamiento, que han invertido fallas extensionales anteriores. La región alberga numerosas grandes ignimbritas y estratovolcanes, formando un paisaje geológico distintivo.

El salar de Cauchari tiene un régimen hidrológico endorreico, lo que significa que el agua no tiene salida natural y se evapora en el lugar. Las aguas subterráneas que alimentan el salar provienen de la precipitación y del deshielo de los glaciares de las montañas circundantes.



El salar presenta una capa superficial de sal que puede ser de hasta varios metros de espesor. Bajo esta capa, hay una serie de capas de sedimentos que incluyen arena, limo y arcilla, intercalados con depósitos de sal y yeso. Estos depósitos son el resultado de la evaporación de agua en un ambiente árido.

9.5.1.1.7 Geomorfología

Según el informe de impacto ambiental realizado por Ausenco, sobre un proyecto salar Olaroz- Cauchari, la fisiografía actual es el resultado de la modelación del edificio geotectónico de naturaleza endógena con sus correspondientes agradaciones sedimentarias sintectónicas, en donde se han superpuesto varios procesos geodinámicos morfogenéticos pasados y recientes de tipo gravitatorio, fluvial, eólico, climático.

La región estudiada es parte integrante del plateau de la Puna, que alcanzó una elevación importante causada por la subducción de la placa oceánica de Nazca debajo de la placa continental Sudamericana y por flotación sobre magmas adicionados a la corteza.

Esta unidad morfotectónica del orógeno andino nace con el levantamiento de las cadenas montañosas mediante pliegues y fallas inversas desde el paleógeno hasta la actualidad. A causa de este nuevo relieve se estableció un drenaje interno en donde los encadenamientos volcánicos y los bloques estructurales desnivelados establecieron numerosas subcuencas hidrológicas de edad andina.

Existe una configuración diversa que presentan las márgenes del salar de Cauchari. Mientras que sobre el Este las elevaciones pasan gradualmente a amplios conos aluviales y luego al salar; por el Oeste, pasan casi abruptamente a depósitos de salar. Esto sugiere la idea desde el punto de vista morfodinámico, de un margen activo (oriente) y otro pasivo (occidente).

Las bajadas que tienen lugar desde el margen oriental están compuestas por arrastre de materiales con presencia de finos, productos de la erosión de sedimentos terciarios, de origen continental. Los conos aluviales son más tendidos y de mayor extensión areal, debido al mayor aporte de materiales por desarrollarse cuencas de drenaje de mayor tamaño.

En el Salar de Cauchari aparecen geoformas características de una cuenca cerrada enmarcada entre cordones montañosos con efecto de sombra de lluvias en el Este. Las observaciones en terreno y en imágenes permitieron definir distintos sectores ambientales desde el borde hacia el centro del salar:

Cordones montañosos generando las divisorias de aguas y enmarcando los límites de las cuencas. Representan los afloramientos de rocas ígneas y sedimentarias.
Abanicos aluviales coalescentes generando un sistema pedemontano con la clásica selección granulométrica gravitacional desde el ápice hacia los bordes.



Una llanura arenosa con formación de dunas y otras acumulaciones que son elaboradas por acción del viento y depositadas en la base de los arbustos que se instalan en el sector. Una planicie fangosa seca con eflorescencias salinas de estructuras características. Finalmente, el cuerpo del salar, con ocasionales lagunas poco profundas o someras y sectores proclives a la inundación por efecto de las tormentas estacionales.

Podemos apreciar lo anteriormente explicado en la Figura 9.6 que es un mapa de la provincia de Jujuy donde se muestra los distintos tipos de geomorfología.

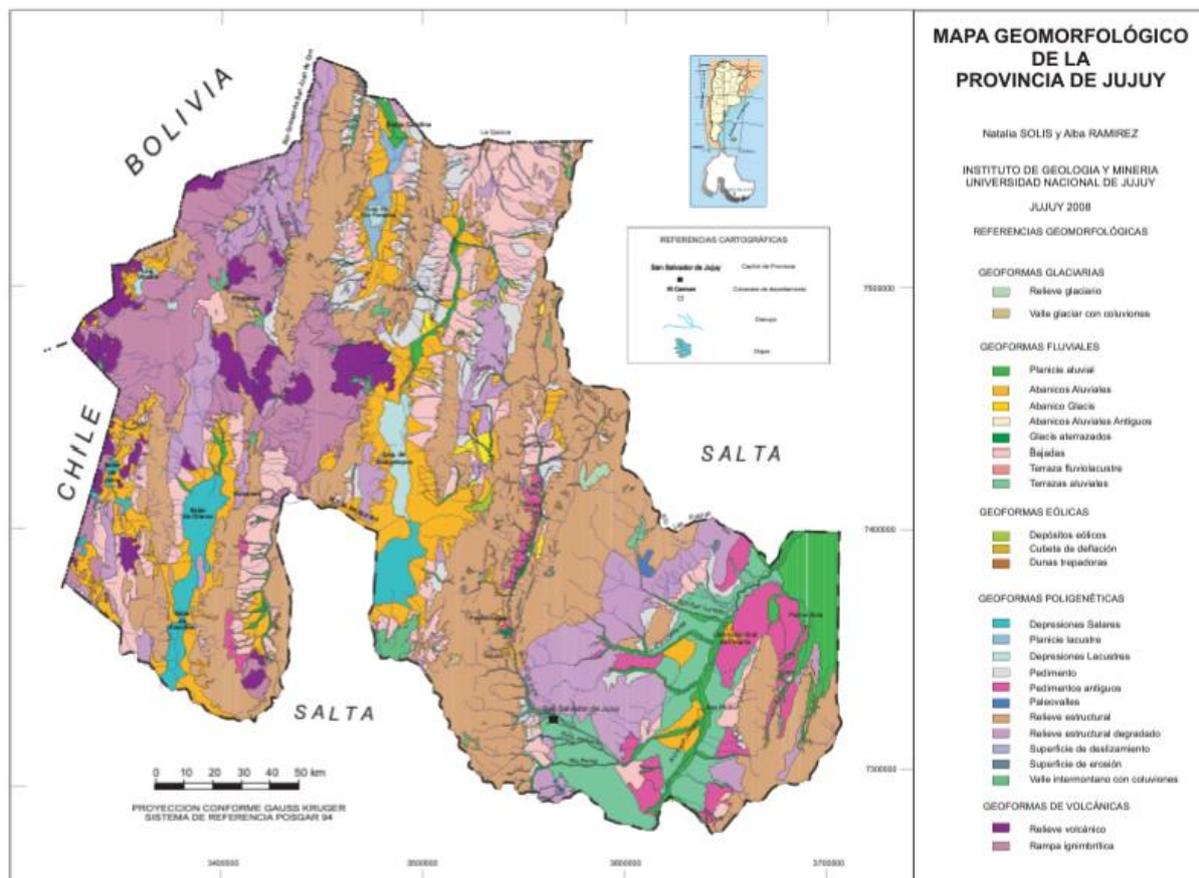


Figura 9.6 Mapa Geomorfológico de la provincia de Jujuy
Fuente: Secretaría de Minería e Hidrocarburos (SMeH) Jujuy

9.5.1.1.8 Suelos

En la zona de Susques, Jujuy, los suelos predominantes son principalmente suelos salinos y suelos arcillosos, con una menor proporción de suelos arenosos y orgánicos. Debido a las condiciones ambientales reinantes los suelos son muy poco evolucionados con muchos sectores de áreas montañosas escarpadas con afloramientos rocosos. Los materiales originarios son en general gruesos (coluvio, regolito, aluvial grueso), mientras que en tanto, los suelos de esta unidad son fundamentalmente líticos (pedregosos) y salinos.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



Marginando los salares y en zonas de bajadas aluviales, los materiales eólicos arenosos son también importantes.

Por otro lado se trata de una región en la que las condiciones climáticas, topográficas y geológicas determinan una alta morfodinámica, por lo que corresponde a un medio netamente inestable. En consecuencia, los procesos pedogenéticos están muy subordinados. Domina la erosión-acumulación, mientras que dentro de los procesos de formación de suelos se encuentran la calcificación, salinización y, en menor medida, la argiluvación.

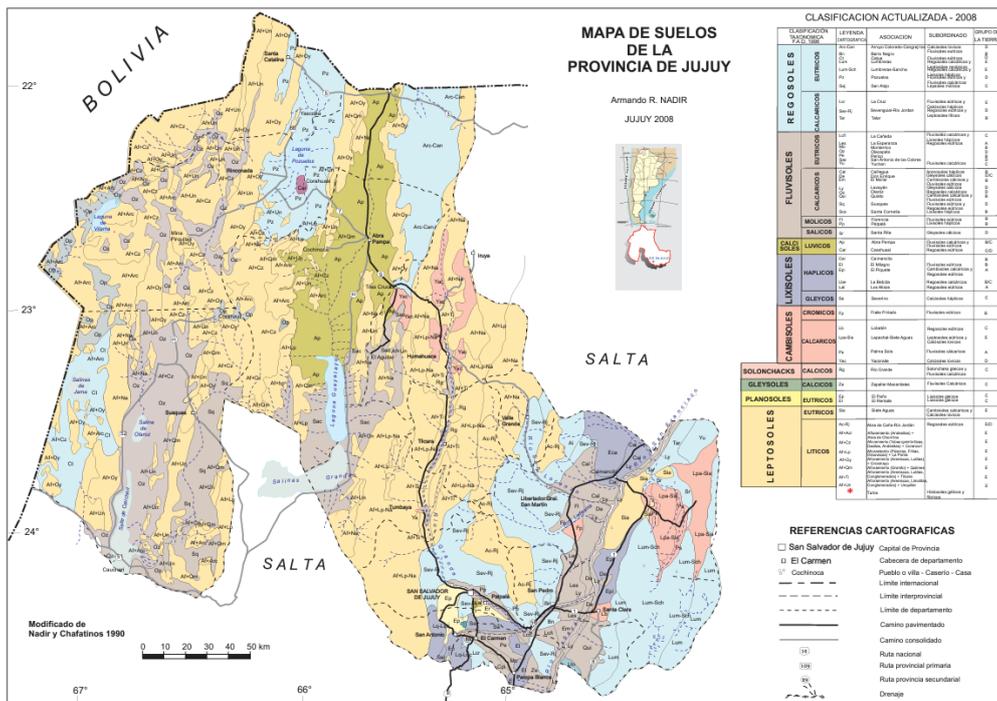
La criogénesis es activa en las zonas altas y húmedas, mientras que el régimen de humedad predominante es árido. La escasa cobertura vegetal, la intensa morfogénesis y las condiciones climáticas extremas limitan la formación de suelos, que son poco desarrollados, delgados y con perfiles simples. En la región se encuentran suelos de los órdenes Aridisol, Entisol e Inceptisol.

Aridisoles: Se desarrollan en relieves aplanados con vegetación escasa. Presentan texturas gruesas en superficie y finas a medianamente gruesas en profundidad, siendo moderadamente ácidos en la superficie y alcalinos/salinos en profundidad. Se distribuyen en glaciares y conos aluviales.

Entisoles: Incluyen subgrupos como Torrifluventes y Torriortentes, ubicados en glaciares y conos. Son suelos incipientes con perfiles simples (A-C), texturas gruesas a medianamente gruesas, y moderadamente alcalinos a neutros.

Inceptisoles: Se encuentran en llanuras de inundación de ríos, correspondiendo al subgrupo Halaquept típico.

Los suelos en áreas de afloramientos rocosos son muy pedregosos y presentan una secuencia de horizontes simples (A-C-R), con el material original expuesto sobre la roca.





9.5.1.1.9 Hidrología

Los salares se producen en cuencas cerradas (endorreicas) sin drenaje externo, en regiones desérticas secas donde las tasas de evaporación superan las tasas de recarga de arroyos y aguas subterráneas. En consecuencia, toda el agua que ingresa al Salar desde las cuencas circundantes debe perderse por evaporación en condiciones naturales.

La red de aguas superficiales dentro de la cuenca eventualmente desemboca en los Salares Olaroz y Cauchari; no hay salida de agua superficial de los salares.

Los principales cursos de agua superficiales dentro de la cuenca hidrográfica son los ríos El Rosario, Ola y Tocomar.

El Río Rosario, que localmente se llama Río El Toro, se origina en la parte norte de la cuenca, a una altitud de 4.500 m. El río fluye hacia el sur-sureste durante 55 km, pasando por el pueblo de El Toro, antes de entrar en el Salar de Olaroz.

El Río Ola, que localmente se llama Río Lama, se origina justo al sur de Cerro Bayo Archibarca, a una altitud de alrededor de 4.500 m, y fluye hacia el este durante 20 km. Ingresa a los salares en la cima del Abanico de Archibarca que separa Olaroz de Cauchari en el flanco occidental de la cuenca.

El río Tocomar, que localmente se llama río Olacapato, se origina a unos 10 km al oeste del Alto Chorrillo a una altitud de alrededor de 4.360 m. El río fluye hacia el oeste durante aproximadamente 30 km antes de entrar en el Salar de Cauchari desde el sureste.

Además de los cursos de agua superficiales mencionados anteriormente que entran en los salares, hay un área en la parte central sur del Salar de Cauchari, a unos 15 km al norte de la aldea de Cauchari, donde el agua superficial se origina en una serie de manantiales. La descarga de estos manantiales se canaliza naturalmente hacia un arroyo central que fluye hacia el norte durante varios kilómetros y luego se filtra gradualmente de nuevo bajo tierra.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



Figura 9.8 El canal de Río Ola. El canal cruza un paso de lecho rocoso y entra en el abanico aluvial de Archibarca, donde se infiltra antes de entrar en el salar.

Fuente: Flo Solutions

La concentración evaporativa del agua superficial a lo largo del tiempo en estas cuencas conduce a una concentración residual de sales disueltas para desarrollar salmueras salinas enriquecidas en uno o más de los siguientes constituyentes: sodio, potasio, cloruro, sulfato, especies de carbonato y, en algunas cuencas, metales como el boro y el litio.

El Salar de Cauchari es un depósito de salmuera con concentraciones enriquecidas de litio y potasio. Se identificaron dos categorías generales de salares:

- 1) maduros, halita dominante (aquellos que contienen espesores extensos, a menudo de cientos de metros, de halita).
- 2) salares inmaduros, que están dominados por sedimentos clásticos con espesores limitados de halita.

Los salares maduros dominados por sal pueden tener una alta permeabilidad y valores intermedios de rendimiento específico cerca de la superficie, con ambos parámetros disminuyendo rápidamente con la profundidad. En estos salares, el recurso de salmuera puede estar a menos de 50 m por debajo de la superficie. Los salares inmaduros, por el contrario, tienen porosidad y permeabilidad controladas por capas individuales dentro de la secuencia de salares. La porosidad y permeabilidad pueden continuar a profundidades de cientos de metros en salares clásticos, pero pueden ser muy variables debido a las diferencias entre las unidades de arena y grava y los limos y arcillas de grano más fino. La presencia de diferentes unidades estratigráficas en los salares clásticos puede dar lugar a una distribución variable de la salmuera contenida.

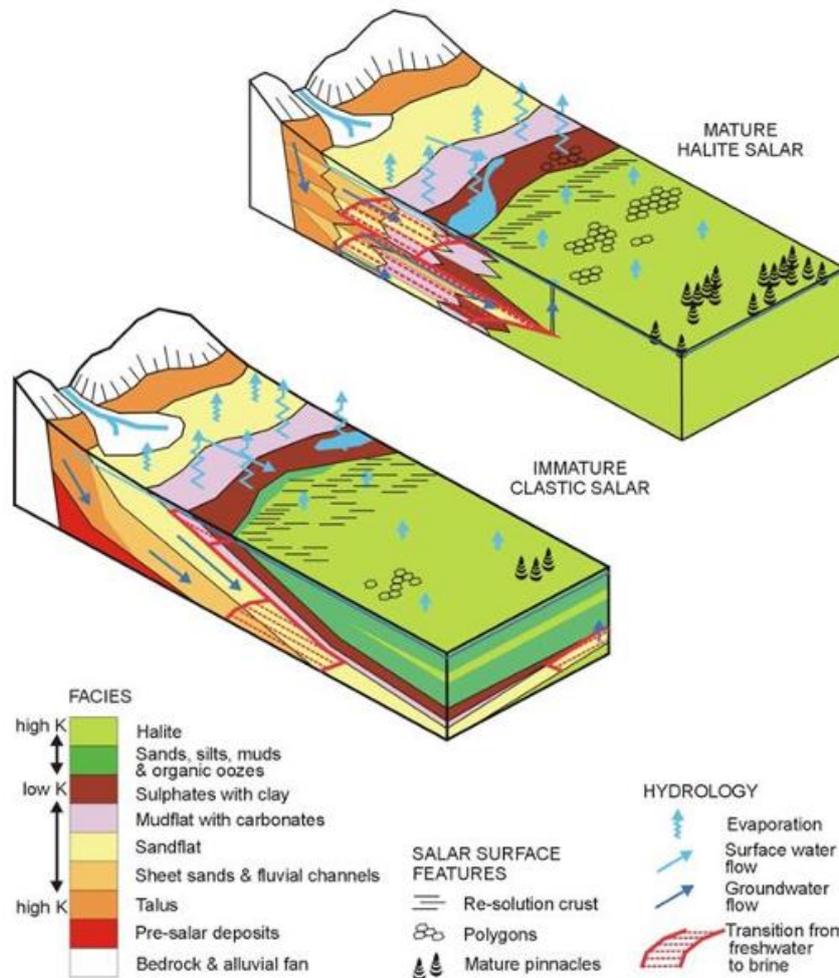


Figura 9.9 Modelo que muestra la diferencia entre salares maduros e inmaduros
Fuente: Flo Solutions

9.5.1.1.10 Hidrogeología

Los salares generalmente consisten en un núcleo interno de halita rodeado por depósitos marginales de evaporitas mixtas de carbonato y sulfato, con sedimentos clásticos finos. Los sedimentos de grano más grueso generalmente se encuentran en los márgenes de la cuenca, con capas sucesivas internas de unidades clásticas de grano más fino. Hacia el centro del salar, los sedimentos pueden mostrar un cambio progresivo de evaporitas de carbonato a sulfato y, finalmente, cloruro (principalmente halita).

Los resultados de perforación en Cauchari hasta la fecha han ayudado a identificar las siguientes unidades hidrogeológicas:

Conos aluviales que rodean el Salar: Estos son de grano grueso y en general unidades altamente permeables que drenan hacia el Salar. El flujo de agua subterránea es no confinado a semi-confinado; el rendimiento específico (porosidad drenable) es alto. La calidad del agua en los conos aluviales por encima de la interfaz de salmuera es de fresca a salobre.



Una unidad de arcilla: Esta unidad de arcilla cubre una gran área en la parte central del Salar y se interpreta que se extiende por debajo de los conos aluviales. Esta unidad de arcilla tiene una baja permeabilidad y podría formar localmente una barrera hidráulica. La arcilla contiene salmuera en la parte central del Salar. Agua fresca puede encontrarse en la parte superior de esta unidad de arcilla a lo largo de los bordes del Salar.

Una unidad de halita semi-confinada a confinada: Puede identificarse en la porción central del Salar donde se encuentra por debajo de la unidad de arcilla. Localmente, la unidad de halita está intercalada con sedimentos finos de la unidad de arcilla. Los datos recogidos hasta la fecha sugieren que la unidad de halita en general no es muy permeable, pero las capas de sedimentos más gruesos intercalados pueden mostrar permeabilidades localmente altas, como se observa en la prueba de bombeo CAU11. Esta unidad alberga salmuera con concentración media a alta de litio.

Una unidad de arena profunda: Esta unidad de arena profunda ha sido identificada en cuatro perforaciones (CAU11, 12, 13 y 19) en el sector sudeste a profundidades inferiores a 300 m, excluyendo los agujeros perforados en plataformas para intersectar la arena a niveles más profundos (CAU12DA y 13DA). La unidad parece ser relativamente permeable según resultados de la prueba de bombeo. Los resultados indican que la arena profunda alberga salmuera de litio de alta calidad.

9.5.1.2 Medio biótico

9.5.1.2.1 Fauna

La escasez de recursos limita la riqueza faunística, pero precisamente la adaptación al medio hace que sean especies de gran interés para la conservación, como la vicuña (*Vicugna vicugna*), el guanaco (*Lama guanicoe*), la chinchilla (*Chinchilla chinchilla*), el gato andino (*Felis jacobita*) y tres especies de flamencos (*phoenicopterus chilensis*, *phoenicoparrus andinus* y *P. jamesi*).

Lo más fácil de observar son las aves vinculadas a las lagunas. Entre éstas, llaman especialmente la atención las parinas y flamencos (*phoenicopterus chilensis*, *phoenicoparrus andinus* y *P. jamesi*), aunque también pueden verse otras como la gallareta andina (*Fulica americana*), el falaropo común (*phalaropus tricolor*), el pato puneño (*Anas puna*), la gaviota andina (*Larus serranus*), la guayata (*Chloephaga melanoptera*), el playerito pectoral (*Calidris melanotos*) y el pato barcino (*Anas flavirostris*). En las inmediaciones de las lagunas puede verse el suri o ñandú petizo (*Pterocnemia pennata*).



Nombre científico	Nombre común	Estado de Conservación SIB
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	PARINA GRANDE	VULNERABLE
<i>Vultur gryphus</i>	CONDOR	VULNERABLE
<i>Rhea pennata</i>	SURI	AMENAZADA
<i>Leopardus jacobita</i>	GATO ANDINO	EN PELIGRO
<i>Chinchilla chinchilla</i>	CHINCHILLA DEL ALTIPLANO	EN PELIGRO
<i>Lycalopex culpaeus</i>	ZORRO COLORADO	PREOCUPACION MENOR
<i>Puma concolor</i>	PUMA	PREOCUPACION MENOR
<i>Vicugna vicugna</i>	VICUÑA	PREOCUPACION MENOR
<i>Akodon albiventer</i>	RATON VENTRIBLANCO	PREOCUPACION MENOR
<i>Lagidium viscacia</i>	CHINCHILLON	PREOCUPACION MENOR
<i>Ctenomys opimus</i>	TUCO TUCO PUNEÑO	PREOCUPACION MENOR
<i>Phegornis mitchellii</i>	CHORLITO DE VINCHA	CASI AMENAZADO
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	FLAMENCO AUSTRAL	CASI AMENAZADO

Figura 9.10 Listado de situación de riesgo de las especies de la Reserva Olaroz Cauchari
Fuente: EIA Bramaq Jujuy

9.5.1.2.2 Vegetación

Se distinguen en la Puna dos zonas por su cubierta vegetal. Una al sudoeste que él denomina "desértica" (correspondiente a los departamentos de Susques y Cochinocha) en que las precipitaciones alcanzan sus más bajos registros regionales (menores a 50 mm anuales).

La vegetación es de tipo esteparia, adaptada a condiciones ambientales extremas, y está conformada principalmente por arbustos como la tola (*Paraestrepia* sp.) o la yareta (*Azorella yareta*). El suelo aparece en buena medida desnudo. Las gramíneas aparecen solamente en forma ocasional en las llamadas “vegas”, que son depresiones locales donde se acumula el agua de vertiente y dan lugar a un microambiente diferenciado. También aparecen asociaciones de esporal (*Pennisetum chilensis*) en algunas laderas resguardadas.

Fitogeográficamente la región se la identifica como Provincia Puneña, donde la vegetación es escasa y domina la estepa arbustiva, estepa herbácea, halófilas (característica de los suelos salinos) y sammófilas (adaptadas a desarrollarse en la arena).

Se caracteriza por la ausencia casi completa de árboles. La cobertura vegetal de la zona es muy escasa. Se compone principalmente de estepas arbustivas muy dispersas y algunas vegas, generalmente salobres. La escasa vegetación ha determinado que las especies presentes en la zona hayan desarrollado estrategias de adaptación que les permiten vivir en este entorno tan difícil.



9.5.1.2.3 Zonas y áreas protegidas

Reserva de Fauna y Flora Provincial Olaroz Cauchari

Características de la misma:

- Objetivos generales: Preservación de especies y diversidad genética.
- Objetivo específico: Protección de la vicuña (*Vicugna vicugna*), chinchilla real (*Chinchilla lanigera*), chinchilla indiana, (*Chinchilla brevicaudata*), suri (*Pterocnemia pennata tarapacensis*)
- Categoría institucional: Reserva de Fauna y Flora
- Jurisdicción: Provincial
- Tipo de administración: Provincial
- Administrado por: Secretaria de Biodiversidad y Desarrollo Sustentable.
- Instrumento legal de creación: Ley Provincial 3820/81
- Dominio de la tierra: Fiscal Provincial.

Catalogada como VI Área Protegida con Recursos Manejados: área protegida manejada principalmente para la utilización sostenible de los ecosistemas naturales El desarrollo del proyecto no afecta la conservación del área.

La reserva está regulada por leyes y normativas provinciales que buscan asegurar la protección de sus recursos naturales y evitar actividades que puedan dañarla, como la minería no controlada o la expansión agrícola desmedida.

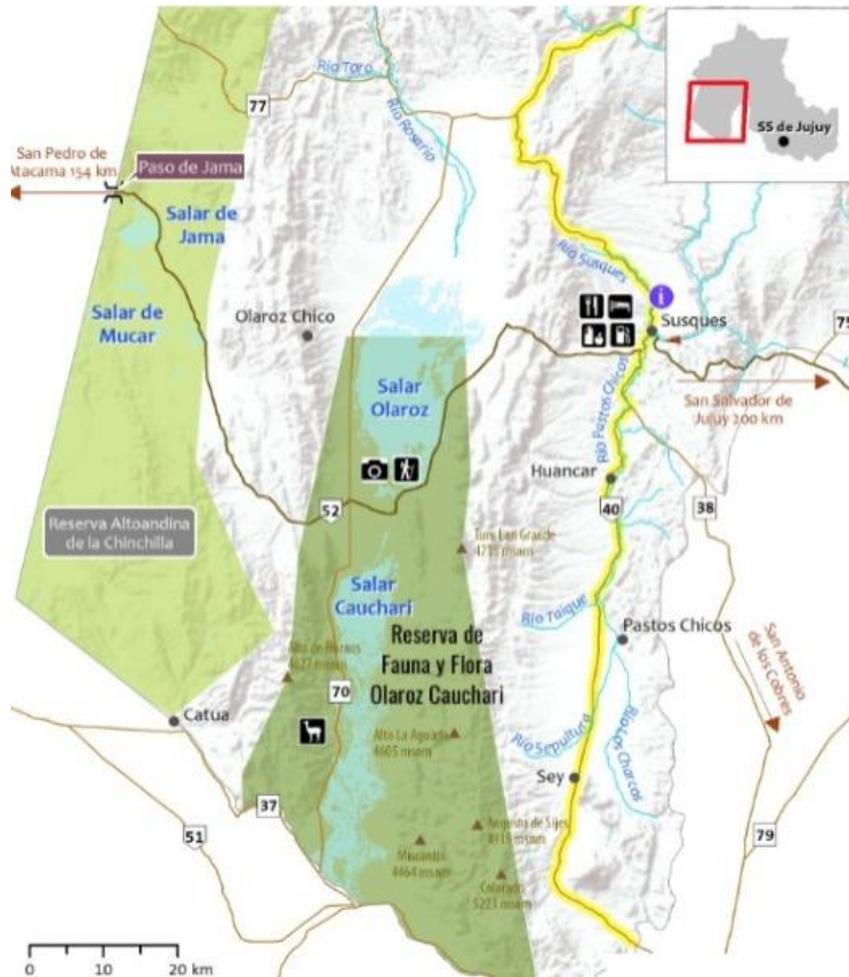
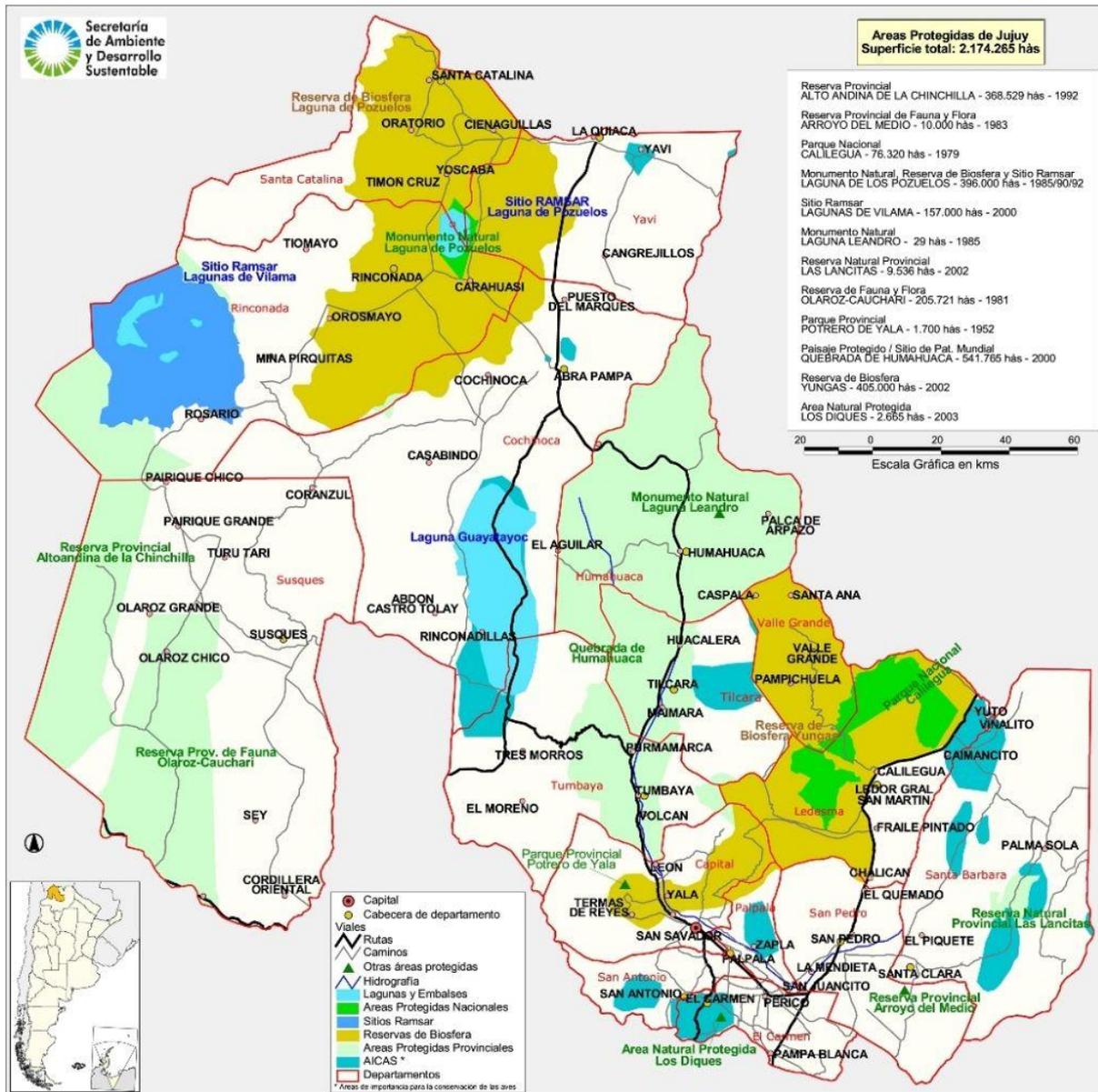


Figura 9.11 Ubicación Geográfica Reserva de Fauna y Flora Olaroz Cauchari
Fuente: SIGA - Fundación ProYungas

Cabe resaltar que en la Provincia existen numerosas áreas protegidas, que son territorios de administración especial destinados a la gerencia, manejo y protección del ambiente y los recursos naturales renovables florísticos y faunísticos que albergan y los principales objetivos de las mismas son : Investigación científica, protección de zonas silvestres, preservación de las especies y la diversidad genética, mantenimiento de los servicios ambientales, atributos culturales y tradicionales, turismo, recreación, educación.

Áreas Protegidas en Jujuy son; Parque Prov. Potrero de Yala, Parque Nacional Calilegua, Reserva Prov. Las Lancitas, Monumento Natural Prov. Laguna de Leandro, Monumento Natural Laguna de Pozuelo, Laguna de Vilama, Reserva Prov. de la Chinchilla, Monumento Natural Nacional Taruca, Reserva Prov. Olaroz Cauchari, Monumento Natural Nacional Yaguareté, Patrimonio de la Humanidad, Reserva de Biosfera de las Yungas entre algunas.



9.5.1.3 Medio antrópico

9.5.1.3.1 Población

Los centros poblacionales más próximos al área del proyecto son: Susques, Huáncar, Pastos Chicos, Puesto Sey, Catua, Olaroz Chico.



Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022

Cuadro 1.10. Provincia de Jujuy. Total de población, variación absoluta y variación relativa, por departamento. Años 2010 y

Código	Departamento	Población		Variación absoluta	Variación relativa (%)
		2010	2022		
38	Total	673,307	811,611	138,304	20.5
38084	Susques	3,791	4,098	307	8.1

Tabla 9.4 Población en el departamento de Susques - Año 2022
Fuente: Censo 2022

9.5.1.3.2 Actividades productivas

La economía local se desarrolla en torno a tres actividades, dos de ellas productivas: la cría de ganado en pequeña escala, mayoritariamente camélido y ovino, el empleo estatal y percepción de subsidios, y la actividad minera.

La ganadería sigue siendo el principal medio de sustento para los pobladores, incluso aquellos que tienen otros empleos siguen manteniendo su hacienda bajo el cuidado de algún miembro de la familia o de otra persona.

La cría de animales constituye un resguardo ante las inseguridades del medio económico, pero al mismo tiempo es de gran importancia para las comunidades atacameñas ya que se autodefinen como “familias que pastorean la hacienda”. Mientras los hombres trabajan en las empresas privadas o en la función pública, las mujeres y otros miembros de la familia se dedican al cuidado de los rebaños.

La elaboración de artesanía en fibra animal (tejido) es una actividad económica importante para los ingresos familiares, los hombres y las mujeres de la zona son reconocidos como destacados tejedores. Esta producción es comercializada en baja escala a nivel local y en la localidad de Volcán, donde concurren artesanos nucleados en una Asociación de Artesanos para vender sus productos.

La presencia de operadoras mineras en la zona es reconocida por los pobladores como fuentes laborales de suma importancia. La introducción de la minería en la zona produjo modificaciones en la vida de las comunidades debido a la continuidad de los contratos de trabajo y la percepción de un salario. Algunos integrantes del sector de la población que se desempeña como personal de estas empresas invierten en la construcción y/o en el mejoramiento habitacional propio y en otros ítems que contribuyen a elevar la calidad de vida en general de las familias directamente beneficiadas.



9.5.1.3.3 Sitios de interés cultural, histórico y/o arqueológico

Se estima que el Proyecto no causará ningún impacto sobre el patrimonio histórico, cultural, arqueológico y paleontológico, dado que:

La zona donde se ubicará la planta se encuentra sobre detritos modernos asociados al salar de Olaroz y alejada de yacimientos fosilíferos o potencialmente fosilíferos

No existen sitios o establecimientos de interés cultural en la zona de influencia del Proyecto. Del mismo modo tampoco se han encontrado restos paleontológicos en la zona de instalación de la planta y posibles sitios donde se trazarán los nuevos caminos, sitio donde se generarán los mayores movimientos de suelo.

9.5.1.4 Medio Perceptual

9.5.1.4.1 Calidad Visual

El paisaje de Jujuy, en particular el salar, se caracteriza por su vastedad y planitud, lo que le otorga una gran calidad visual y escénica. La organización visual de los elementos en el entorno es clave para preservar su armonía natural.

Este entorno se distingue por sus colores suaves y contrastantes, con tonos de blanco, ocres y marrones que se fusionan con el cielo azul claro, lo que resalta su atractivo estético. Si bien el proyecto de extracción de litio puede alterar el paisaje, la presencia de otras industrias en la zona indica que la instalación de nuestra empresa no causaría un impacto significativo adicional

La ubicación estratégica y el uso de materiales y colores que se integren con el entorno contribuirán a preservar la calidad visual del área.

9.5.2 IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En este apartado se enumeran y describen las distintas actividades que forman parte de los procesos de construcción y operación de la planta de producción de carbonato de litio. Además, se identifica y evalúa el impacto que presentaría cada una de estas actividades sobre el medio en el cual se implantaría esta industria.

Se define como impacto ambiental a toda acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes de éste. El término impacto no implica negatividad, ya que éstos pueden ser tanto positivos como negativos. Las



alteraciones pueden ser de distintos grados de intensidad en el entorno en el que se desarrolle.

El objetivo del presente capítulo es la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para el montaje de una planta productora de carbonato de litio. La finalidad del estudio es determinar y evaluar los posibles impactos que podría ocasionar la ejecución del proyecto sobre los factores analizados (social, económico, ambiental, etc.) en las etapas de instalación y operación, y poder dictaminar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), promulgada por un órgano decisor y con la participación pública. Además, se recomendarán medidas de mitigación correspondientes para minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente.

También se identificarán los residuos generados durante la etapa de operación, los que deberán ser gestionados correctamente con el objetivo de evitar impactos negativos sobre el medio ambiente.

La identificación de los impactos ambientales se realizará teniendo en cuenta las siguientes etapas de la planta:

- Etapa de construcción
- Etapa de operación y mantenimiento
- Etapa de abandono

9.5.2.1 Etapa de construcción de la planta

- Construcción de accesos viales: hace mención a las tareas de adecuación y construcción de los caminos necesarios para el ingreso de maquinaria y personal a la zona de trabajo. Esta etapa incluye la instalación provisoria de señalizaciones, cercos, líneas eléctricas, etc.
- Limpieza de la zona de obra: se refiere a movimientos de suelos y otros elementos que dificulten las obras de construcción de la planta.
- Instalaciones temporarias: incluye la colocación de obradores, sanitarios, depósitos, etc., que se necesitan para la correcta ejecución de las tareas referentes a la instalación de la industria y depósitos de herramientas y materiales demandados.
- Transporte de maquinaria y materiales: en esta etapa existe movimiento de equipos de excavación y nivelación, camiones y demás maquinarias necesarias de manera temporal o permanente, además de equipos de transporte de los insumos necesarios para llevar a cabo las tareas constructivas.
- Acondicionamiento del terreno: involucra toda acción vinculada a la excavación y construcción de las fundaciones necesarias para el montaje de los equipos asociados a la planta.
- Obras civiles en el predio: comprende el desarrollo de las tareas de construcción de las instalaciones de la planta propiamente dicha.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



- Instalación y montaje de equipos: una vez terminadas las obras civiles se ejecutan las distintas tareas necesarias para la instalación de todos los equipos intervinientes en el proceso productivo.
- Limpieza de la obra: esta etapa consta de una serie de trabajos necesarios para dejar las instalaciones en condiciones para comenzar la operación.

9.5.2.2 Etapa de producción y mantenimiento

- Operación de la planta: tiene que ver con todas las tareas propias del proceso productivo y el impacto particular de estas tareas fue detallado con anterioridad.
- Mantenimiento de las instalaciones: incluye las tareas de mantenimiento, ya sea de forma preventiva o correctiva en caso de que sea necesario.

9.5.2.3 Etapa de abandono y cierre

- Desmontaje de la planta: consiste en la operación de equipos de desconexión, limpieza, transporte de materiales, fluidos y sustancias en desuso debido a que la planta dejó de funcionar.
- Reacondicionamiento del terreno: consiste en generar una restauración del terreno donde la planta fue colocada, a modo de intentar restaurar condiciones similares a las iniciales, o bien que permitan la restauración natural del área.

9.5.3 PARÁMETROS EVALUADOS

En la matriz presentada dentro de la evaluación de prefactibilidad de este proyecto, se hace un análisis parcial acerca del impacto generado por cada una de las actividades detalladas sobre una serie de factores que componen el ambiente sobre el cual se implanta el proyecto. Se analizarán tanto impactos positivos como negativos.

Los parámetros ambientales sobre los cuales se analiza la afección de estas actividades son las siguientes:

Medio Físico

Recursos Hídricos

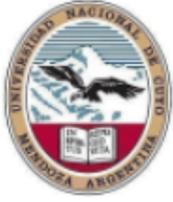
- Aguas Superficiales
- Aguas Subterráneas

Aire

- Nivel Sonoro
- Nivel de Material Particulado
- Clima (Temperatura)

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Suelo

- Geomorfología
- Topografía

Medio Biótico

Flora

- Arbustos, Pastizales
- Especies en peligro

Fauna

- Mamíferos, Reptiles, Anfibio
- Aves

Medio Perceptual

Contraste y Dominancia

Calidad Visual

Calidad Escénica

Medio Socioeconómico

Social

- Población
- Turismo
- Comercio

Cultural

- Lugares culturales
- Sitios arqueológicos
- Emplazamiento de estudios científicos
- Educación

Infraestructura

- Red Eléctrica
- Red Vial
- Red de gas y petróleo
- Red de agua potable

Economía

- Nivel de Empleo
- Economía local/regional



9.5.4 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para poder determinar los impactos que produce el Proyecto a llevarse a cabo se realizaron dos matrices, una donde se efectuó la identificación y otra donde se valoraron los impactos anteriormente identificados.

La metodología empleada se resume en el contenido de Conesa Fernandez - Vitora, V., Conesa Ripoll, V., Conesa Ripoll, L. A., & Estevan Bolea, M. T. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4a. ed.). Madrid: Mundi-Prensa.

9.5.4.1 Matriz de identificación de impactos ambientales

Esta primera matriz permite conocer cuáles acciones repercuten sobre los distintos factores analizados. A partir de esta identificación, se procede a realizar la valoración de los impactos de las mismas.

FACTORES		ACCIONES		CONSTRUCCIÓN						FUNCIONAMIENTO		CIERRE		
				Construcción de accesos viales	Acondicionamiento de terreno	Instalación temprana	Transporte de maquinaria y materiales	Obras civiles en el predio	Instalación y montaje de equipos	Limpieza de la obra	Operaciones de planta	Mantenimiento	Desmontaje	Reacondicionamiento
Medio Físico	Recurso Hídrico	Aguas Superficiales												
		Aguas Subterráneas												
	Aire	Nivel Sonoro												
		Nivel de Material Particulado												
		Clima (temperatura)												
	Suelo	Geomorfología												
Topografía														
Medio biótico	Flora	Arbustos y pastizales												
		Especies en pe ligro												
	Fauna	Mamíferos, reptiles, anfibios												
		Aves												
Medio Perceptual	Organización Visual	Contraste y Dominancia												
	Calidad Visual	Diversidad, Naturalidad y Actuación Humana												
	Calidad Escénica	Topografía, Vegetación y Color												
Medio Socioeconómico	Social	Población												
		Turismo												
		Comercio												
	Cultural	Lugares Culturales												
		Sitios arqueológicos y geológicos												
		Emplazamiento de estudios científicos												
		Educación												
	Infraestructura	Red Eléctrica												
		Red Vial												
		Red de Gas y Petroleo												
		Red de Agua Potable												
	Economía	Nivel de Empleo												
Economía Local/Regional														

Tabla 9.5 Matriz de identificación de impactos ambientales

Fuente: Elaboración propia



9.5.4.2 Matriz de valoración de impactos ambientales

Se procede a realizar la valoración de los impactos con la metodología anteriormente mencionada, y además se establece una escala cromática que permite identificar más fácilmente cuál es la importancia del impacto de las distintas acciones sobre los factores.

ESCALA DE COLORES (Conesa)		
	Impacto leve	-13 a -25
	Impacto moderado	-25 a -50
	Impacto severo	-50 a -75
	Impacto crítico	-74 a -100
	Levemente beneficioso	1 a 25
	Beneficioso	25 a 50
	Muy beneficioso	50 a 75

Tabla 9.6 Escala de colores para visualizar la importancia de los impactos

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la valoración, se asignan valores de cómo repercute cada acción sobre cada factor, de acuerdo a la tabla 9.7.

Extensión (EX)		Intensidad (i)	
Puntual	1	Baja	1
Parcial	2	Media	2
Extenso	4	Alta	3
Total	8	Muy alta	8
Crítica	12	Total	12
Persistencia (PE)		Momento (MO)	
Fugaz	1	Largo plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Inmediato	4
		Crítico	+ 1 o 4
Sinergia (SI)		Reversibilidad (RV)	
Sin sinergismo	1	Corto plazo	1
Sinérgico	2	Medio plazo	2
Muy sinérgico	4	Irreversible	4
Efecto (EF)		Acumulación (AC)	
Indirecto	1	Simple	1
Directo	4	Acumulativo	4
Recuperabilidad (MC)		Periodicidad (PR)	
Recuperable, inmediato	1	Irregular	1
Recuperable	2	Periódico	2
Mitigable	4	Continuo	4
Irrecuperable	8		

Tabla 9.7 Atributos de caracterización del impacto

Fuente: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4a. ed.).

Luego, se obtiene un valor final del impacto realizado por dicha acción calculado por la ecuación que se muestra a continuación.

$$I = [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$



Cada uno de estos valores obtenidos son los que se colocan en la matriz de valoración, y son los que permiten conocer la importancia de los impactos generados sobre los distintos factores ambientales.

9.5.4.3 Etapa de construcción

FACTORES \ ACCIONES			CONSTRUCCIÓN							TOTAL FASE 1
			Construcción de accesos viales	Acondicionamiento de terreno	Instalación temprana	Transporte de maquinaria y materiales	Obras civiles en el predio	Instalación y montaje de equipos	Limpieza de la obra	ABSOLUTA
Medio Físico	Recurso Hídrico	Aguas Superficiales	0	0	0	0	0	0	0	0
		Aguas Subterráneas	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aire	Nivel Sonoro	-38	-38	-24	-23	-38	-30	-34	-225
		Nivel de Material Particulado	-40	-41	0	-17	-19	-17	-21	-155
		Clima (temperatura)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Suelo	Geomorfología	0	0	0	0	0	0	0	0
Topografía		-40	-41	-19	-23	-43	-23	-33	-222	
Medio biótico	Flora	Arbustos y pastizales	-35	-34	-31	-36	-36	-36	-39	-247
		Especies en pe lígro	-31	-29	-28	-40	-41	-43	-44	-256
	Fauna	Mamíferos, reptiles, anfibios	-41	-53	-42	-35	-38	-38	-40	-287
		Aves	-32	-35	-29	-35	-41	-41	-34	-247
Medio Perceptual	Organización Visual	Contraste y Dominancia	-42	-48	-44	-48	-53	-34	-17	-286
	Calidad Visual	Diversidad, Naturalidad y Actuación Humana	-41	-29	-24	-23	-53	-34	-17	-221
	Calidad Escénica	Topografía, Vegetación y Color	-35	-29	-24	-48	-53	-34	-17	-240
Medio Socioeconómico	Social	Población	0	0	-27	-28	-31	0	0	-86
		Turismo	0	0	0	0	0	0	0	0
		Comercio	43	45	37	43	49	36	0	253
	Cultural	Lugares Culturales	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sitios arqueológicos y geológicos	0	0	0	0	0	0	0	0
		Emplazamiento de estudios científicos	0	0	-23	0	0	0	0	-23
		Educación	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infraestructura	Red Eléctrica	0	0	-41	0	-44	-39	0	-124
		Red Vial	-60	-41	0	-37	-26	-26	0	-190
		Red de Gas y Petroleo	0	0	0	0	-34	0	0	-34
		Red de Agua Potable	0	0	0	0	-34	0	0	-34
	Economía	Nivel de Empleo	41	45	27	23	45	23	41	245
Economía Local/Regional		0	33	26	39	36	39	39	212	
TOTAL POR ACCIONES			-351	-295	-266	-288	-454	-297	-216	

Tabla 9.8 Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de construcción

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en la matriz, la acción de mayor repercusión es la realización de obras civiles en el predio; mientras que el factor más afectado por la construcción de la planta resulta ser la organización visual y la calidad escénica, debido al despojo de vegetación, topografía presente en esta etapa.



9.5.4.4 Etapa de funcionamiento

FACTORES \ ACCIONES			FUNCIONAMIENTO		TOTAL FASE 2
			Operaciones de planta	Mantenimiento	ABSOLUTA
Medio Físico	Recurso Hídrico	Aguas Superficiales	-48	-25	-73
		Aguas Subterráneas	-36	-19	-55
	Aire	Nivel Sonoro	-34	-19	-53
		Nivel de Material Particulado	-35	-21	-56
	Suelo	Clima (temperatura)	-33	-23	-56
		Geomorfología	-37	0	-37
Medio biótico	Flora	Topografía	0	0	0
		Arbustos y pastizales	-39	0	-39
	Fauna	Especies en peligro	-47	0	-47
		Mamíferos, reptiles, anfibios	-29	0	-29
Medio Perceptual	Aves	Contraste y Dominancia	-30	0	-30
		Diversidad, Naturalidad y Actuación Humana	-19	0	-19
		Topografía, Vegetación y Color	-21	0	-21
Medio Socioeconómico	Organización Visual	Población	55	0	55
		Turismo	0	0	0
		Comercio	51	47	98
	Cultural	Lugares Culturales	0	0	0
		Sitios arqueológicos y geológicos	0	0	0
		Emplazamiento de estudios científicos	0	0	0
		Educación	38	0	38
	Infraestructura	Red Eléctrica	-41	-25	-66
		Red Vial	-41	0	-41
		Red de Gas y Petróleo	-41	0	-41
		Red de Agua Potable	-41	-36	-77
	Economía	Nivel de Empleo	56	54	110
		Economía Local/Regional	0	0	0
TOTAL POR ACCIONES			-401	-67	

Tabla 9.9 Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de funcionamiento

Fuente: Elaboración propia

En este caso, la acción más impactante es, lógicamente, la operación de la planta, repercutiendo principalmente en las aguas superficiales, y en la fauna en las especies en peligro.



9.5.4.5 Etapa de abandono

FACTORES		ACCIONES	CIERRE		TOTAL FASE 3
			Desmontaje	Reacondicionamiento	ABSOLUTA
Medio Físico	Recurso Hídrico	Aguas Superficiales	-20	0	-20
		Aguas Subterráneas	-18	65	47
	Aire	Nivel Sonoro	-24	0	-24
		Nivel de Material Particulado	-26	0	-26
		Clima (temperatura)	0	0	0
	Suelo	Geomorfología	0	51	51
		Topografía	-58	55	-3
Medio biótico	Flora	Arbustos y pastizales	39	51	90
	Fauna	Especies en peligro	39	0	39
		Mamíferos, reptiles, anfibios	38	0	38
		Aves	39	0	39
Medio Perceptual	Organización Visual	Contraste y Dominancia	0	39	39
	Calidad Visual	Diversidad, Naturalidad y Actuación Humana	0	39	39
	Calidad Escénica	Topografía, Vegetación y Color	0	39	39
Medio Socioeconómico	Social	Población	0	-29	-29
		Turismo	0	0	0
		Comercio	-31	-30	-61
	Cultural	Lugares Culturales	0	0	0
		Sitios arqueológicos y geológicos	0	0	0
		Emplazamiento de estudios científicos	0	0	0
		Educación	0	0	0
	Infraestructura	Red Eléctrica	47	27	74
		Red Vial	47	27	74
		Red de Gas y Petróleo	0	0	0
Economía	Red de Agua Potable	0	0	0	
	Nivel de Empleo	-39	-41	-80	
	Economía Local/Regional	-37	-41	-78	
	TOTAL POR ACCIONES		-4	252	

Tabla 9.10 Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de cierre

Fuente: Elaboración propia

Para concluir, la etapa de abandono se caracteriza por la mayoría de impactos positivos, especialmente sobre las aguas subterráneas y la red eléctrica. Esto es debido a que se discontinúa la extracción del salar y la operación de la planta de producción para llevar a cabo la restauración del terreno utilizado.



9.5.5 CONCLUSIÓN DE LA EIA

A lo largo de este apartado se evaluó la repercusión que tendría el proyecto de la planta de producción de Litio verde sobre el ambiente en el cual opera.

El proyecto se califica como viable al hacer un balance de los impactos negativos que se pudieran generar sobre el medio. Al ser un método de extracción directa, se reducen de manera considerable los posibles impactos negativos.

Por otro lado, el proyecto tiene importantes beneficios asociados en cuanto a que favorecerá la economía tanto local como de la región y generará nuevos puestos de trabajo e ingresos.

9.6 TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES GENERADOS POR LA PLANTA

9.6.1 TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS

A continuación, se detallan los efluentes líquidos generados durante el proceso de extracción de Litio. Este proceso industrial involucra varias etapas, las cuales generan diversos tipos de efluentes que deben ser gestionados adecuadamente para minimizar el impacto ambiental. Entre ellos se encuentran:

Agua salinizada (Licor madre)

En la Planta de Carbonato de Litio se generará un efluente líquido denominado licor madre, el cual contiene Litio en bajas concentraciones, que puede ser recuperado. El efluente que no pueda ser reutilizado será devuelto al salar.

Tratamiento: Se propone **reinyectar el agua no utilizada** nuevamente a la salmuera en puntos específicos donde no afecta al ecosistema actual. Además, se podría evitar la salinización del agua dulce, ya que al devolver el agua bombeada en los puntos estratégicos mencionados, no habrá migración de agua dulce de los abanicos al núcleo del salar.

Sales $Mg(OH)_2$, $CaCO_3$, Boro en solución

La presencia de sales como $Mg(OH)_2$, $CaCO_3$ y Boro en solución pueden afectar el proceso de extracción del Litio de diferentes maneras.

Algunas sales, como el hidróxido de Magnesio y el carbonato de Calcio, pueden precipitar en la solución durante la lixiviación, formando sólidos que pueden obstruir los equipos y reducir la eficiencia del proceso.



El efluente generado en la unidad de extracción por solvente corresponderá a una solución con un alto contenido de Boro.

Tratamiento:

- Sales de $Mg(OH)_2$ (solución)

Floculación, decantación, filtración y disposición final en vertederos aprobados.

Coagulación, Floculación y Decantación:

En esta etapa, se agrega un agente floculante como sulfato de Aluminio al efluente contaminado con $Mg(OH)_2$. El agente floculante se mezcla bien con el efluente, y como resultado, las partículas finamente dispersas de $Mg(OH)_2$ se agrupan para formar flóculos más grandes y fácilmente separables.

Después de la floculación los flóculos más grandes y pesados de $Mg(OH)_2$ se asientan en el fondo del tanque debido a la gravedad, formando un lodo sedimentado.

Equipo:

Sedimentador: donde ocurre el proceso de floculación y decantación. Puede ser de diseño convencional o de flujo ascendente o descendente, según los requisitos específicos del proceso.

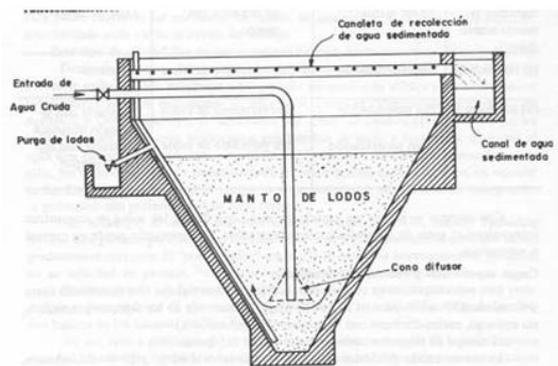


Figura 9.13 Sedimentador vertical

Fuente: Cátedra Tecnologías Limpias y de Reciclado Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

Filtración:

Una vez que los flóculos de $Mg(OH)_2$ se han asentado en el fondo del tanque de decantación, el efluente clarificado se bombea a través de un **medio filtrante**, como arena, carbón activado o membranas filtrantes. Este proceso elimina cualquier partícula de $Mg(OH)_2$ restante y otras impurezas finas que puedan haber quedado en el efluente después de la decantación.



Disposición final:

El lodo sedimentado que se ha acumulado en el fondo del tanque de decantación se retira y se transporta a instalaciones de disposición final adecuadas. Dependiendo de las regulaciones ambientales locales y las propiedades del lodo, este puede ser tratado aún más antes de su disposición final. Las opciones comunes de disposición final incluyen la aplicación agrícola controlada, el vertido en vertederos especialmente diseñados.

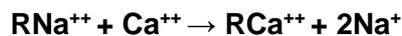
- CaCO_3 (solución)

Ablandador con Resina de intercambio iónico con Na(OH)

Una resina cambiadora de iones está constituida por partículas sólidas (esferas de resina) conteniendo grupos iónicos fijos cargados positiva o negativamente y de un número igual de iones intercambiables que están dotados de carga opuesta a la del grupo iónico activo.

Cuando la resina entra en contacto con el agua que contiene iones de la misma carga, que los iones intercambiables de la resina, empieza el intercambio hasta que se alcance el equilibrio.

El intercambio iónico tiene lugar en la superficie de las esferas de resina, siendo las empleadas en el ablandamiento las resinas catiónicas, en las cuales el ión intercambiable es el sodio (Na^+), denominándose genéricamente resina catiónica en el ciclo sódico.



La resina $[\text{Na}(\text{OH})]$, al reaccionar con el catión Ca^{+2} , formará nuevamente $\text{Ca}(\text{OH})_2$, el cual es uno de nuestros reactivos, logramos recuperarlo para utilizarlo nuevamente en el proceso.

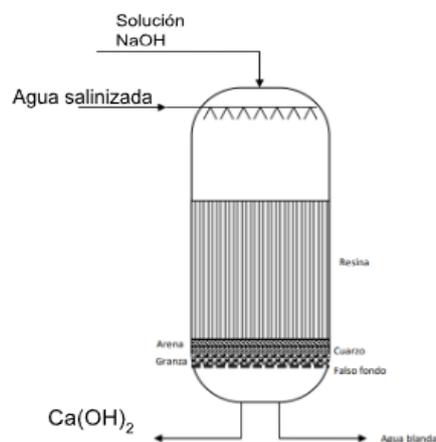


Figura 9.14 Ablandador con resina de intercambio iónico

Fuente: Cátedra Tecnologías y Mantenimiento de Servicios - Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel
Año 2024



Boro (solución)

Se elimina el Boro por extracción con un solvente adecuado, selectivo para el Boro y que a su vez sea inmisible con el agua. Se deja reposar hasta obtener la separación de las dos fases; el alcohol isopropílico con el boro formará una capa superior donde podemos extraer al Boro por decantación.

El alcohol que contenía al Boro se recupera mediante un proceso de destilación simple.

Efluentes cloacales

Estos corresponden a los que se generan en la fase de operación. Se estiman 55m³/día cada 200 personas.

En cuanto a las aguas servidas, la Planta de Carbonato de Litio utiliza el sistema de red interna de alcantarillado con tuberías del tipo PVC, unido a una configuración de lodos activados.

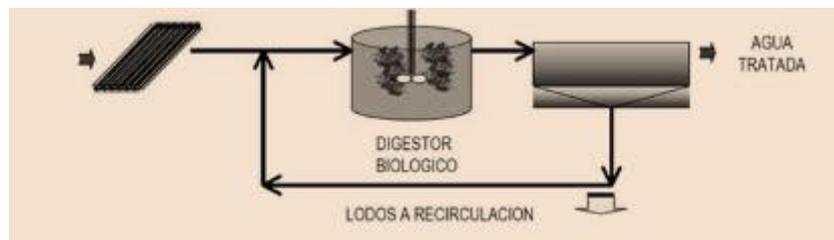


Figura 9.15 Esquema Lodos Activados

Fuente: Cátedra Tecnologías Limpias y de Reciclado - Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

Luego del proceso biológico siempre se necesita un tiempo de retención para que las partículas degradadas sedimenten en un sedimentador o clarificador secundario. Por último se realiza desinfección para eliminar patógenos.



9.6.2 TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES SÓLIDOS

El proceso de producción de carbonato de litio genera efluentes sólidos, provenientes de diversas etapas como la trituración, molienda y separación del mineral. Estos residuos sólidos, pueden contener metales pesados y otros compuestos potencialmente contaminantes.



La gestión adecuada de estos efluentes es crucial para minimizar el impacto ambiental y cumplir con las normativas medioambientales. Además, la recuperación y reutilización de algunos de estos materiales pueden reducir el volumen de residuos y recuperar valiosos subproductos, contribuyendo a una operación minera más sostenible y responsable.

- **Residuos asimilables urbanos**

Se estima que se generarán residuos sólidos domésticos consistentes en restos de comida, envases, envoltorios, papeles, etc. La cantidad de residuos sólidos domésticos se estipula a una tasa aproximada de 1,0 kg/trabajador/día. La disposición en los puntos de generación se realizará en contenedores con tapas para posterior traslado a sitios autorizados.

Tratamiento:

Para abordar la gestión de estos residuos de manera efectiva y responsable se implementan programas de gestión de residuos que incluyen medidas como la separación en la fuente, la reutilización, el reciclaje y la disposición adecuada de los desechos.

Los residuos serán retirados diariamente de los frentes de trabajo, en donde existirán tambores con tapa claramente identificados para la disposición de este tipo de residuo, posteriormente serán almacenados de manera temporal en el área de acopio de residuos urbanos de la instalación en contenedores cerrados.

La disposición final de estos residuos será en un vertedero autorizado que cumpla con las normas vigentes.

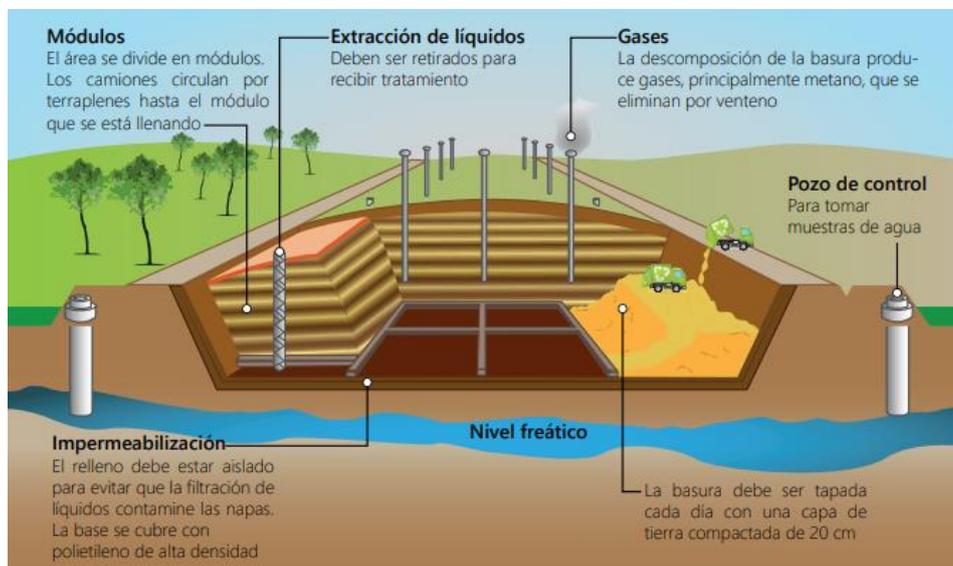
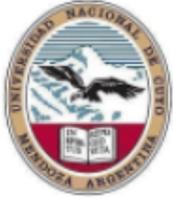


Figura 9.16 Esquema de Vertedero

Fuente: Cátedra Tecnologías Limpias y de Reciclado - Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria



Residuos industriales no peligrosos:

- **Residuos industriales en general:** Se generarán productos de la operación y serán principalmente chatarras, tubos, fierros, gomas, maderas y plásticos no contaminados, elementos de protección personal, entre otros.

Lodos de Planta de tratamiento de efluentes cloacales: se generarán lodos provenientes del tratamiento de aguas servidas.

Tratamiento:

Estos residuos serán retirados periódicamente por una empresa autorizada y dispuestos en sitio que cuente con la autorización sanitaria respectiva.

- **Residuos industriales peligrosos:**

Los residuos peligrosos que se generarán durante la fase de operación corresponderán básicamente a baterías de vehículos livianos/pesados, filtros de aceites, trapos y materiales menores contaminados con grasas y aceites, aceites residuales, tarros contaminados con grasas, aceites, pinturas, envases varios, E.P.P contaminados, etc.

Tratamiento:

Los residuos industriales del tipo peligroso serán almacenados en sitios de almacenamiento de residuos peligrosos autorizados.

9.6.3 TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES GASEOSOS

En la etapa de operación de la Planta de Carbonato de Litio, las emisiones atmosféricas tendrán su origen en las siguientes fuentes o actividades:

Material particulado de los secadores y trituradores de la planta

Durante la etapa de secado del carbonato de Litio, donde el producto entra en contacto con aire caliente para reducir su humedad, es posible que se generen partículas finas de polvo como resultado del movimiento del aire y la manipulación del material.

En la trituración y compactación del carbonato de Litio secado para obtener el producto final también pueden generar polvo, especialmente si se utilizan equipos como molinos de martillos y cribas, que pueden producir partículas finas como subproducto del proceso de reducción de tamaño.



De no estar contenidas estas emisiones, pueden ocasionar impacto directo en las aguas superficiales de la cuenca, personas, fauna y flora.

Las emisiones de MP10 y MP2,5 que se generarán en la fase de operación, serán por: erosión sitios de acopios; y venteos en la operación de los equipos (denominado Process vents), suspensión de MP por circulación de vehículos en caminos no pavimentados y operación de vehículos.

Tratamiento:

Equipo: Filtro de manga

Un filtro de manga, también conocido como colector de polvo de mangas, es un dispositivo utilizado para la eliminación de partículas sólidas suspendidas en gases. Funciona mediante el paso del gas contaminado a través de un medio filtrante compuesto por mangas cilíndricas (también llamadas bolsas o mangas filtrantes) que retienen las partículas sólidas mientras el gas pasa a través de ellas. El gas contaminado se introduce en la cámara de entrada del filtro de manga.

Las partículas sólidas presentes en el gas son arrastradas hacia las mangas filtrantes debido a la acción de la corriente de gas y la fuerza gravitatoria.

A medida que el gas pasa a través de las mangas, las partículas sólidas más grandes son capturadas en la superficie exterior de las mangas filtrantes.

El gas limpio, ahora libre de la mayoría de las partículas sólidas, sale de la cámara de filtración a través de la salida del filtro.

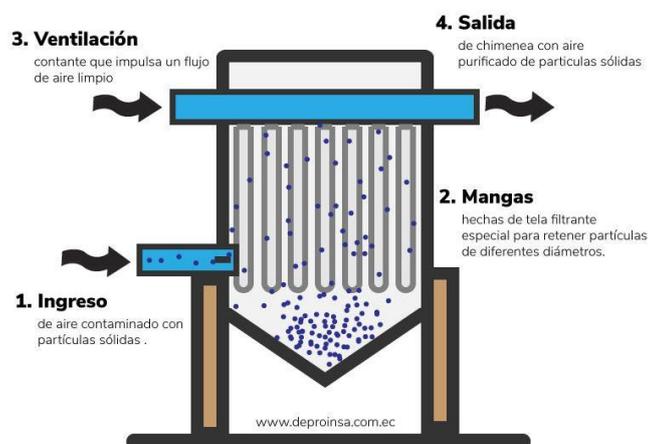


Figura 9.17 Filtro de Mangas

Fuente: Deproin S.A



Luego de la etapa de carbonatación, se produce la inyección de CO_2 y se convierte en bicarbonato de Litio.

Tratamiento:

La corriente gaseosa ingresa a un sistema de torre absorbidora y reactivador mediante un ventilador. En el equipo absorbedor, se introduce una corriente de solución de etanolamina que absorbe el dióxido de carbono, formando una solución de dióxido de carbono y etanolamina. Esta solución es luego bombeada a un intercambiador de calor, donde se calienta mediante la etanolamina que sale del reactivador.

Posteriormente, la solución de CO_2 y etanolamina ingresa al reactivador, el cual es calentado por vapor. Al aumentar la temperatura, disminuye la solubilidad del CO_2 , lo que provoca su desorción y permite obtener el gas purificado.

Desde la parte inferior del reactivador, sale una corriente de etanolamina con remanente de CO_2 , la cual ingresa a un rehervidor para completar la separación. El vapor de agua con CO_2 generado recircula al reactivador para su calefacción.

Por la parte superior del reactivador, sale una corriente de vapor con CO_2 , que se dirige a un condensador para condensar el vapor de agua y obtener CO_2 seco.

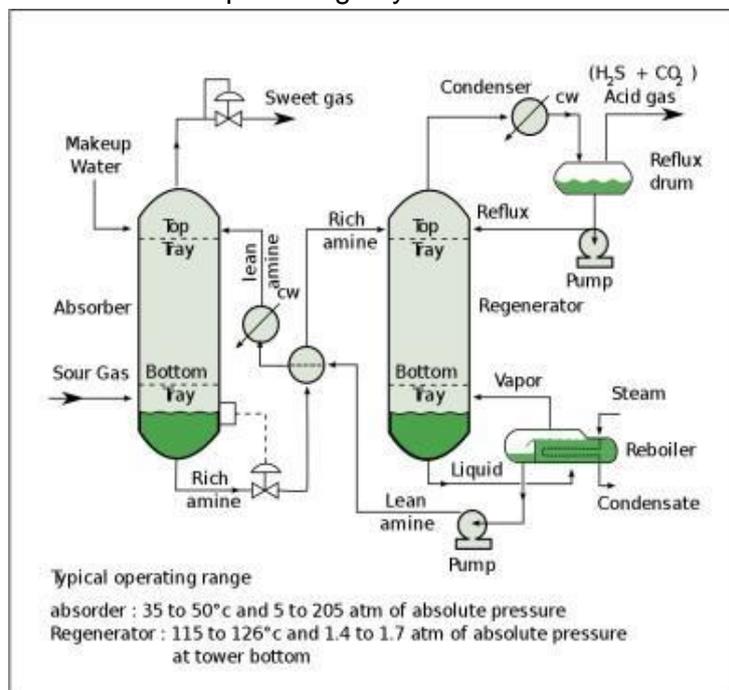


Figura 9.18 Proceso Girbotol

Fuente: Cátedra Procesos Químicos - Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria



10. HIGIENE Y SEGURIDAD LABORAL

10.1. GENERALIDADES

Las industrias que desean mantenerse en el amplio mundo de la competitividad deben acogerse a las medidas y reglas adoptadas con la finalidad de prevenir accidentes y minimizar los riesgos, para el establecimiento de condiciones seguras en el ambiente de trabajo.

El control de la seguridad e higiene resulta de vital importancia en las empresas industriales.

El ambiente laboral, mantenerlo seguro e higiénico para el buen desenvolvimiento del empleado dentro de las instalaciones de la empresa, no debe presentar una problemática, sino un beneficio para el empleado y también para la empresa. Crear condiciones seguras contribuye al aumento de la productividad y a un desarrollo más armonioso y estable por parte del trabajador en la empresa.

10.2 LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD

La Ley 19.587/72 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Decreto Reglamentario 351/79 establece una serie de lineamientos que se tratarán a continuación.

10.2.1. CONDICIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN Y SANITARIAS

La construcción, modificación y reparación de establecimientos se regirán según las normas de urbanismo y construcciones vigentes.

Los revestimientos de pisos serán sólidos y no resbaladizos.

Donde se manipulen elementos tóxicos deben ser resistentes a los mismos, impermeables y no porosos. Cuando el proceso exponga el piso a líquidos debe haber sistemas de drenaje. Las paredes interiores y cielorrasos, puertas y ventanas serán mantenidos en buen estado de limpieza.

Los pisos de los lugares de trabajo, los pasillos de tránsito deben estar libres de obstáculos para facilitar el libre y seguro desplazamiento sobre todo en situaciones de emergencia.

Los espacios entre máquinas o equipos deben ser amplios para permitir el movimiento del personal sin exposición a accidentes.



Conforme a lo establecido, la planta será construida de acuerdo a las normas de urbanismo vigentes, con todas las condiciones necesarias para que los trabajadores puedan realizar sus actividades en forma segura y con comodidad.

Además, se dispondrán pasillos para la movilidad del personal, en forma segura. En las áreas de producción se contará con un pasillo de 2 metros de ancho.

En la construcción de la planta objeto de este proyecto, deberá tenerse especial consideración sobre todo en la construcción de la sala de caldera. Para este tipo de zonas existen normativas especiales que establecen los parámetros básicos a tener en cuenta.

10.2.2. RUIDOS

Este riesgo se monitoreará a través de la realización de mediciones de ruido en las diferentes fuentes sonoras y a través de un cálculo se determinará, por local de trabajo, si los niveles hallados superan el máximo establecido, y de ser así sugerir las medidas correspondientes. Para ello se utiliza un decibelímetro integrador.

La ley reglamenta que, si los niveles son inferiores a los 85 db de Nivel Sonoro Continuo Equivalente, sólo se realizarán nuevos relevamientos para controlar que el nivel medido se mantenga y detectar posibles cambios a causa de incorporación de nuevos equipos o maquinarias, sistemas de ventilación o extracción, falta de mantenimiento, etc.

Si el nivel supera los 85 db, se deberá reducir el ruido al mínimo posible desde la fuente que lo produce, colocando carteles indicativos del uso de protección auditiva y además proveer al personal de protectores auditivos.

En este caso no se dispondrán equipos que generen altos niveles de ruido. Sin embargo, es importante disponer de los elementos protectores a todo el personal que se encuentre en planta a modo de prevención y por las exposiciones prolongadas a ruidos aún de bajo nivel.



Figura 10.1 Elementos de protección personal para riesgos sonoros
Fuente : Google Imágenes



10.2.3. VENTILACIÓN

La ventilación en los locales de trabajo debe contribuir a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador. A su vez los locales deben poder ventilarse perfectamente en forma natural.

En la planta de producción de carbonato de Litio planteada en este proyecto la mayor parte de las instalaciones se encuentran ventiladas.

Además, en las zonas que se encuentran bajo techo, la distribución de equipamientos es tal que permite la libre circulación de aire.

10.2.4. ILUMINACIÓN

Según lo establecido por ley, la iluminación en los puestos de trabajo debe cumplir básicamente con los requisitos mínimos:

La composición espectral de la luz debe ser adecuada a la tarea a realizar, de modo que permita observar o reproducir los colores en la medida que sea necesario.

Se debe evitar el efecto estroboscópico en los lugares de trabajo.

La iluminancia debe ser adecuada a la tarea a efectuar.

Las fuentes de iluminación no deben producir deslumbramientos, directo o reflejado. Los niveles de iluminación deben encuadrarse dentro de lo establecido en la ley para industria química:

Planta de procesamiento	
Circulación general	100
Circulación sobre escaleras y pasarelas	200
Sobre aparatos	
Iluminación sobre el plano vertical	200
Iluminación sobre mesas y pupitres	400
Laboratorio de ensayo y control	
Iluminación general	400
Iluminación sobre plano de lectura de aparatos	600

Figura 10.2 Niveles de iluminación exigidos por ley

Fuente : www.redseguros.com

10.2.5. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

El uso de elementos de protección personal es una técnica que tiene como objetivo proteger al trabajador frente a agresiones externas, que puedan presentarse en el desempeño de la actividad laboral sean:

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



1. Agresivos físicos: (mecánicos, térmicos, acústicos, eléctricos, etc).
2. Agresivos Químicos (tóxicos) y
3. Agresivos Biológicos de tipo (físico, químico o biológico), La misión de los E.P.P. es reducir o eliminar las consecuencias personales o lesiones que éste pueda producir en el trabajador.

Éstos deben reunir las siguientes condiciones:

a) Materiales empleados en su fabricación: Las propiedades físicas y químicas de los materiales empleados deberán adecuarse a la naturaleza del trabajo y al riesgo de la lesión a evitar, para una protección eficaz. Los materiales no deberán producir efectos nocivos en el usuario. Debe cumplir con la inocuidad (incapacidad para hacer daño).

b) Condiciones de diseño y construcción: Su forma deberá ser adecuada a la mayoría de personas teniendo en cuenta aspectos ergonómicos y de salud del usuario, valores estéticos y reducir al mínimo su incomodidad, compatibilizándose ésta con su función protectora, además de adaptarse al usuario tras el ajuste necesario. Diseño y construcción, deben ser de fácil manejo y mantenimiento.

Es función del empleador brindar los elementos de protección personal y velar por su correcta utilización. En este caso, el operador debe utilizar equipo adecuado como zapatos de cuero y suela de caucho, pantalón y camisa con una talla ajustada y cómoda, casco, lentes, y en algunos casos, tapones auditivos.



Figura 10.3 Elementos de protección personal
Fuente : www.redseguros.com

10.2.6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN INDUSTRIAL

En líneas generales las máquinas y herramientas deben reunir las siguientes condiciones de seguridad:

- a) Las máquinas y herramientas deben ser seguras y en caso que presenten algún riesgo para las personas que la utilizan, deben estar provistas de la protección adecuada.
- b) Los motores que originan riesgos deben estar aislados. Asimismo, deben estar provistos de parada de emergencia que permita detener el motor desde un lugar seguro.



c) Todos los elementos móviles que sean accesibles al trabajador por la estructura de las máquinas, deben estar protegidos o aislados adecuadamente.

d) Las transmisiones -árboles, acoplamientos, poleas, correas, engranajes, mecanismos de fricción y otros- deben contar las protecciones más adecuadas al riesgo específico de cada transmisión, a efectos de evitar los posibles accidentes que éstas pudieran causar al trabajador.

e) Las partes de las máquinas y herramientas en las que existan riesgos mecánicos y donde el trabajador no realice acciones operativas, deben contar con protecciones eficaces, tales como cubiertas, pantallas, barandas y otras. Los requisitos mínimos que debe reunir una protección de los distintos equipos son:

Los requisitos mínimos que debe reunir una protección de los distintos equipos son:

- Eficacia en su diseño.
- De material resistente.
- Desplazamiento para el ajuste o reparación.
- Permitir el control y engrase de los elementos de las máquinas.
- Su montaje o desplazamiento sólo puede realizarse intencionalmente.
- No constituyan riesgos por sí mismos.
- Constituir parte integrante de las máquinas.
- Actuar libres de entorpecimiento.
- No interferir, innecesariamente, al proceso productivo normal.
- No limitar la visual del área operativa.
- Dejar libres de obstáculos dicha área.
- No exigir posiciones ni movimientos forzados.
- Proteger eficazmente de las proyecciones.

10.2.7. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD PARA LA MANIPULACIÓN DE EQUIPOS

Se sugiere leer y entender los manuales de instalación, operación y mantenimiento que provee el fabricante de la maquinaria. Si no se tiene alguno puede utilizar este programa como guía:

No hay que pasar desapercibidos los avisos de advertencia y cuidado, generalmente un aviso de advertencia indica una condición posiblemente insegura que podría causar lesiones a personas, mientras que un aviso de cuidado indica una condición que podría ocasionar daños a los equipos.

Para protección personal, se deben seguir ciertos lineamientos y normas que evitaren accidentes, y daños a los equipos.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



El operador de la maquinaria no debe llevar ningún artículo como cadenas o anillos. No debe llevar la ropa suelta y si en alguna ocasión utiliza el pelo largo debe tenerlo atado.

Para mayor seguridad, las máquinas deben ser operadas solamente por el personal autorizado por la empresa para tal tarea. Esto deja implícito que el empleador es quien debe asegurar la capacitación suficiente del personal según las tareas que se le asignen.

Si el operador no es técnico, en ningún momento debe tratar de reparar el equipo a la hora de que éste sufra un desperfecto, sino que debe abocarse a personal altamente especializado, es decir, al jefe de su sector.

Durante el funcionamiento de la maquinaria, se debe evitar que personal no especializado se acerque al área de operación.

Todo el cableado se debe tener en perfectas condiciones. Se deben aislar todos los contactos y verificar las conexiones a tierra. Se deben señalar los canales de cableado eléctrico, así como colocar letreros o afiches de precaución para indicar lugares de alta tensión.

El plástico genera electricidad estática y para evitar choques eléctricos se deben utilizar zapatos adecuados.

Mantener las instalaciones limpias, ordenadas, no colocar piezas, accesorios o herramientas encima de la maquinaria; mantener las escaleras y el área perimetral libre de sustancias deslizantes como lubricantes y grasas.

Advertencias:

- Verificar a que voltaje opera el equipo.
- No tocar ninguna conexión eléctrica sin antes asegurarse que se ha desconectado la alimentación de potencia.
- Antes de conectar la alimentación, asegúrese que el sistema está debidamente puesto a tierra.
- Evitar exponerse durante un tiempo prolongado a máquinas con alto nivel de ruido. Asegurarse de utilizar dispositivos de protección para los oídos de modo de reducir los efectos auditivos perjudiciales.
- No pasar por alto ni desactivar dispositivos protectores ni guardas de seguridad.
- Asegurarse que la carga está debidamente acoplada al eje (flecha) del motor antes de alimentar la potencia.
- Tener sumo cuidado y usar procedimientos seguros durante el manejo, levantamiento, instalación, operación y mantenimiento del equipo.
- Antes de hacer mantenimiento en el motor, asegurarse que el equipo conectado al eje del motor no pueda causar rotación del eje. Si la carga pudiese producir rotación del eje, desconectar la carga del eje del motor antes de efectuar el mantenimiento.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



- Antes de desarmar el motor, desconectar completamente la alimentación de electricidad de los devanados del motor y los accesorios.
- Verificar que la aplicación de los motores sea realmente para las condiciones que fueron diseñados: exposición al polvo, vapores inflamables o combustibles, condiciones de operación a prueba de explosión, etc.
- No retirar los protectores de las cintas calefactoras a menos que esté programado realizar algún tipo de mantenimiento. Cuando se tengan que mover o limpiar partes calientes del equipo, que generalmente se debe realizar cuando el mismo se encuentra a altas temperaturas; se debe de utilizar guantes de cuero o de amianto.
- Por ningún motivo el operario debe abrir el panel de control.
- Por ningún motivo se deben poner las manos cerca de lugares peligrosos cuando las máquinas estén en funcionamiento, por ejemplo: rodillos de presión, engranajes, cadenas, fajas, o cualquier otro elemento cuando éstos se encuentran a altas temperaturas o funcionando.
- Nunca eliminar los guardas de seguridad, ni obstruir los mecanismos de seguridad mientras la máquina está en funcionamiento.
- El agua es un buen conductor de la electricidad, por lo que este equipo en ningún momento debe de ponerse en contacto con líquidos, ya que se podría ocasionar un incendio.
- No encender las máquinas si previamente no se ha certificado que el cableado de corriente de la misma esté en perfectas condiciones.



Figura 10.4 Señales de seguridad que deben encontrarse en las máquinas

Fuente: Ley N° 19.587

- A) Cautela, choque eléctrico, conecte el alambre de tierra.
- B) Cautela, equipo en rotación, mantenga cualquier objeto y manos alejadas.
- C) Cautela, alta temperatura, no tocar.
- D) Cautela, no encienda ninguna llama.
- E) Cautela, equipo rodando mantenga las manos lejos.
- F) Cautela, equipo que prensa mantenga las manos lejos.
- G) Cautela, equipo que corta mantenga las manos lejos.
- H) Cautela, peligro no tocar.
- I) Cautela, choque eléctrico, opere cuidadosamente.

10.2.8. EQUIPOS EXTINTORES Y SEÑALIZACIÓN

La ley reglamenta que la cantidad de matafuegos necesarios en los lugares de trabajo, se determinarán según las características y áreas de los mismos, importancia del riesgo, carga de fuego, clases de fuegos involucrados y distancia a recorrer para alcanzarlos.



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
 “Extracción de Litio de forma no convencional a partir de Nanofiltración”



Las clases de fuegos se designarán con las letras A - B - C y D y son las siguientes:

Clase A: Fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como ser madera, papel, telas, gomas, plásticos y otros.

Clase B: Fuegos sobre líquidos inflamables, grasas, pinturas, ceras, gases y otros.

Clase C: Fuegos sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica.

Clase D: Fuegos sobre metales combustibles, como ser el magnesio, titanio, potasio, sodio y otros.

						
	AGUA	ESPUMA	POLVO ABC	ANHIDRIDO CARBONICO	HALON	FOLVOS ESPECIALES
	SI Muy eficiente	SI Relativamente eficiente	SI Muy eficiente	NO utilizar	SI Relativamente eficiente	NO utilizar
	SI Relativamente eficiente	SI Muy eficiente	SI Muy eficiente	SI Relativamente eficiente	SI Muy eficiente	NO utilizar
	NO utilizar	NO utilizar	SI Muy eficiente	SI Muy eficiente	SI Muy eficiente	NO utilizar
	NO utilizar	NO utilizar	NO utilizar	NO utilizar	NO utilizar	SI Muy eficiente

Figura 10.5 Clases de extintores
 Fuente : www.grippaldi.com.ar

Deberá instalarse como mínimo un matafuego cada 200 metros cuadrados de superficie a ser protegida. La máxima distancia a recorrer hasta el matafuego será de 20 metros para fuegos de clase A y 15 metros para fuegos de clase B.

Para señalar la ubicación de un matafuego se debe colocar una chapa baliza, tal como lo muestra la figura siguiente. Esta es una superficie con franjas inclinadas en 45 ° respecto de la horizontal blancas y rojas de 10 cm de ancho.

La parte superior de la chapa deberá estar ubicada a 1,20 a 1,50 metros respecto del nivel de piso.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



Figura 10.6 Chapas balizadas
Fuente : Ley N° 19.587

En lo que respecta a esta planta, se deberá utilizar matafuegos que actúen sobre fuegos clase A, B y C, con la correspondiente señalización. Se instalarán 150 matafuegos ubicados estratégicamente de forma tal que la distancia máxima a recorrer hasta los mismos sea menor a 20 metros.

Además de las consideraciones generales que se deben tener en cualquier instalación industrial, en este caso se debe dar un tratamiento especial a la protección contra incendios en los tanques de almacenamiento de gases. Esto es muy importante teniendo en cuenta el alto riesgo de explosión que presentan estas instalaciones.

La primera consideración que se tuvo fue a la hora del diseño de la planta, disponiendo para el almacenamiento de gases un lugar amplio y lo más alejado posible del resto de las instalaciones.

De acuerdo a las condiciones establecidas en distintas normativas sobre los métodos de supresión de incendios, el método escogido para la supresión y control de un incendio es un sistema combinado diluvio y monitores fijos de tubería seca; se ha escogido esta metodología para tener una mejor cobertura en caso de una emergencia.



Figura 10.7 Monitor fijo contra incendios
Fuente : impomak.com

10.2.9. SISTEMA DE ALARMAS

En esta planta se dispondrá de una serie de sonidos de alarma, asociados a sendos riesgos que puedan presentarse dentro de la planta.

Es importante la diferenciación en los riesgos teniendo en cuenta los distintos alcances que puedan tener los siniestros propios de este tipo de industria. A partir de cada sonido de alarma, se acciona un protocolo de seguridad considerando el riesgo al cual se expone la planta.

Cualquier persona que ingrese a la planta debe estar capacitada a fin de poder diferenciar las distintas alarmas en caso de que se activen y poder actuar en consecuencia.

10.3. MANEJO DEL CARBONATO DE LITIO

10.3.1. FICHA INTERNACIONAL DE SEGURIDAD QUÍMICA

A continuación, se presenta una ficha de seguridad detallada para el **carbonato de litio**, la cual incluye información clave sobre los riesgos asociados a su manejo y almacenamiento:



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
(NCH 2245, Of 2015)

LITIO CARBONATO P.A.
LI-0925

LITIO CARBONATO P.A.

SECCION 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO QUÍMICO Y DE LA EMPRESA

Identificación del producto químico	Litio Carbonato P.A.
Códigos	LI-0925
Usos recomendados	Aplicaciones técnicas (análisis químico), industria Química en general, Docencia.
Nombre del proveedor	WINKLER LTDA.
Dirección del proveedor	El Quilley 466, Parque Industrial Valle Grande Lampa, Santiago / Chile.
Número de teléfono del proveedor	+562 24826500
Número telefónico de emergencias Químicas en Chile (CITUC)	+562 22473600
Número telefónico de emergencias Toxicológica en Chile (CITUC)	+562 26353600
Dirección electrónica del proveedor	www.winklerltda.com

SECCION 2: IDENTIFICACION DE LOS PELIGRO

Clasificación según NCH382 / NCH2190	Clasificación según GHS
NO CLASIFICADO	
NO CLASIFICADO	
Señal de seguridad según Nch14114	Clasificación específica
 CLASIFICACION DE RIESGOS 0 = No especial 1 = Ligero 2 = Moderado 3 = Severo 4 = Extremo NORMA NFPA 1-0-0	Código Almacenaje Winkler Verde: Normal
Descripción de peligros y sus efectos	
Inhalación	Irritaciones en el tracto respiratorio superior. Tos, dolor al pecho y dificultad respiratoria. Nocivo - Afecta al sistema nervioso central. Si se absorbe pueden producirse efectos similares a los de vía ingestión.
Contacto con la piel	Irritaciones. Enrojecimiento y dolor.
Contacto con los ojos	Irritaciones. Enrojecimiento y dolor.
Ingestión	Nocivo - Afecta al sistema nervioso central. Irritación gastrointestinal. Náuseas, vértigos, dolor abdominal, vómitos y diarrea. Apatía, somnolencia, letargo e incoordinación. Debilidad. Movimientos irregulares del ojo. Visión velada. Efectos nocivos sobre corazón, cerebro y tiroides. Coma, edema pulmonar y falla renal. DL50 (oral - rata): 710 mg/kg.

SECCION 3: COMPOSICION / INFORMACION DE LOS COMPONENTES

Formula Química	Li ₂ CO ₃
Concentración	99,0% min.
Peso molecular	73,89 g/mol
Sinónimos	Carbonato de Litio, carbonato Dilitio, Litonato
Numero CAS del producto	554-13-2
Numero UN	No regulado

SECCION 4: PRIMEROS AUXILIOS

En caso de contacto accidental con el producto proceder de acuerdo con:	
Inhalación	Trasladar a la persona donde exista aire fresco. Si respira dificultosamente se debe suministrar Oxígeno.
Contacto con la piel	Lavar con Agua, a lo menos por 10 minutos. Usar de preferencia una ducha de emergencia. Secarse la ropa contaminada.
Contacto con los ojos	Lavarse con abundante Agua en un lavadero de ojos, entre 10 a 15 minutos como mínimo, separando los párpados. Consultar a un oftalmólogo.
Ingestión	Lavar la boca con bastante agua, Hacer beber agua (máximo 2 vasos). Consultar a inmediatamente a un médico.
Principales síntomas y efectos agudos y retardados	Efectos irritantes, somnolencia, colapso circulatorio, efectos sobre el sistema nervioso central, trastornos de la visión. Para compuestos de Litio en general: Tras absorción por manejo inadecuado de grandes cantidades, afecciones al sistema nervioso central, ansiedad, espasmos, ataxia por desequilibrio.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



SECCION 5: MEDIDAS PARA LUCHA CONTRA INCENDIO

Agentes de extinción	Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local ya a sus alrededores. Usar agua pulverizada, espuma, polvo seco o dióxido de carbono
Agentes de extinción inapropiados	No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.
Productos que se forman en la combustión y degradación térmica	Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono y Oxido de Litio
Peligros específicos asociados	No combustible. Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.
Métodos específicos de extinción	Usar agua pulverizada, espuma, polvo seco o dióxido de carbono. Agua pulverizada para enfriar los contenedores
Precauciones para el personal de emergencia y/o los bomberos	En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo. Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

SECCION 6: MEDIDAS QUE SE DEBEN TOMAR EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

Precauciones personales	Evitar la inhalación de polvo, asegurar ventilación adecuada. Evitar el contacto con la sustancia.
Equipo de protección	Usar ropa adecuada, equipo de protección personal.
Procedimientos de emergencia	Evacue el área de peligro, respetar los procedimientos de emergencia, consultar con expertos.
Precauciones medioambientales	No dejar que el producto entre al sistema de alcantarillado.
Métodos y materiales de contención, confinamiento y/o abatimiento	Cubrir las alcantarillas, recoger en seco, evitando la formación de polvo y proceder a la eliminación de residuos.
Métodos y materiales de limpieza	
Recuperación	Recoger con material adecuado, evitando la formación de polvo.
Neutralización	No hay información disponible.
Disposición final	No hay información disponible.
Medidas adicionales de prevención de desastres	No hay información disponible.

SECCION 7: MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

Manipulación	
Precauciones para la manipulación segura	Observar las indicaciones de la etiqueta. Evitese generación de polvo
Medidas operacionales y técnicas	Proteger contra el daño físico. Guardar bien cerrado y seco
Otras precauciones	Sustituir ropa contaminada. Lavar cara y manos al término del trabajo
Prevención del contacto	Mantener los envases cerrados y debidamente etiquetados.
Almacenamiento	
Condiciones para el almacenamiento seguro	Zona general de almacenaje de reactivos y soluciones químicas. Almacenamiento en bodegas y/o cabinas, diseñadas para contener productos químicos. Lugar frío, seco y con buena ventilación. Disponer de algún medio de contención de derrames. Acceso controlado y señalización del riesgo.
Medidas técnicas	Mantener alejado de condiciones y sustancias incompatibles. Proteger contra el daño físico. Tener los envases cerrados y debidamente etiquetados.
Sustancias y mezclas incompatibles	Almacenar alejado de condiciones y productos incompatibles.
Material de envase y/o embalaje	Se recomienda contener en recipiente de vidrio o plástico apropiado con cierre hermético.

SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICION / PROTECCION ESPECIAL

Concentración máxima permisible	LPP: 8 mg/m ³ (Carbonato de Litio, Polvos no clasificado, DS N°584, Ministerio de Salud)
Elementos de protección personal	Trabajar en un lugar con buena ventilación natural o forzada. Aplicar procedimientos de trabajo seguro. Capacitar respecto a los riesgos químicos y su prevención. Contar con ficha de seguridad química del producto y conocer su contenido. Mantener los envases con sus respectivas etiquetas. Respetar prohibiciones de no fumar, comer y beber bebidas en el lugar de trabajo. Utilizar elementos de protección personal asignados
Protección respiratoria	Aplicación de protección respiratoria necesaria en presencia de polvo y en caso de sobrepasarse alguno de los límites permisibles normados. Debe ser específica para polvo, filtro P1. En caso de sobrepasarse el nivel IDLH, ambientes con concentración desconocida o situaciones de emergencia, debe utilizarse sistema de respiración autónomo.
Protección de manos	Utilización de guantes de Butilo, Nitrilo, Viton, Neopreno y/o PVC.
Protección de ojos	Uso de lentes de seguridad resistentes contra salpicaduras y proyecciones de la sustancia química
Protección de la piel y el cuerpo	Ropa adecuada. Utilizar calzado cerrado, no absorbente, con resistencia química y de planta baja.
Medidas de ingeniería	Esta información no está disponible



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Estado físico	Sólido
Apariencia	Blanco
Olor	Inodoro
pH concentración y temperatura	Aprox. 10 - 11 (5 g/l, 20°C)
Temperatura de ebullición	No aplicable
Temperatura de fusión	720 °C
Temperatura de descomposición	1310 °C
Temperatura de ignición	Información no disponible
Temperatura de inflamación	No se inflama
Densidad	2.1 g/cm ³ a 20°C
Presión de vapor a 20°C	1.33 hPa a 547 °C
Densidad Aparente	Aprox. 250 kg/m ³
Solubilidad	13 g/l, 20 °C

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad	Químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiente)
Condiciones que se deben evitar	Peligro de ignición o formación de gases o vapores combustibles con: Fluor, Metales Alcalino Térreos
Incompatibilidad (materiales que deben evitarse)	Información no disponible
Polymerización peligrosa	No ocurre
Productos peligrosos de la descomposición y combustión	Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono y Oxido de Litio

SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

Toxicidad aguda	DL50 (oral, rata): 525 mg/kg (irritaciones de las mucosas en boca, garganta, esófago y tracto gastrointestinal). Toxicidad aguda por inhalación CL50 (inh, rata): > 2.17 mg/l, 4h (irritación de las mucosas)
Toxicidad cutánea aguda	DL50 (piel, rata): 2000 mg/kg
Lesiones oculares graves/irritación ocular	Irritación ocular grave
Sensibilización respiratoria o cutánea	Información no disponible
Toxicidad reproductiva	Información no disponible
Toxicidad específica en órganos particulares - exposición única	Información no disponible
Toxicidad específica en órganos particulares - exposiciones repetidas	Información no disponible
Teratogenicidad	Información no disponible
Peligro de inhalación	Información no disponible
Toxicocinética	Información no disponible
Metabolismo	Información no disponible
Distribución	Información no disponible
Patogenicidad e infecciosidad aguda (oral, dérmica e inhalatoria)	Información no disponible
Disrupción endocrina	Información no disponible
Inmunotoxicidad	Información no disponible
Otros datos	Efectos sobre el sistema nervioso central, trastornos de la visión, somnolencia, colapso circulatorio. Para compuestos de Litio en general: Tras absorción por manejo inadecuado de grandes cantidades, afecciones al sistema nervioso central, ansiedad, espasmos, ataxia por desequilibrio electrofítico.

10.3.2. MEDIDAS CONTRA EL FUEGO

Trabajar en espacios abiertos. Si se trabaja en espacios cerrados mantener una buena ventilación e incluso un extractor en el techo.

Utilizar equipos que no produzcan chispas al ambiente, equipos de seguridad intrínseca.

Contar con detectores de concentración con una alarma que se active cuando se den concentraciones que queremos evitar.

10.3.3. VENTAJAS DEL CARBONATO DE LITIO

- Baja toxicidad: es considerado relativamente seguro si se maneja de manera adecuada y bajo las normativas correspondientes.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel
Año 2024



- Alta estabilidad química: bajo condiciones normales de almacenamiento y transporte, lo que minimiza riesgos de reacciones peligrosas o liberación de compuestos nocivos.
- Elevado punto de fusión: Esta característica lo hace adecuado para aplicaciones industriales a altas temperaturas sin riesgo de volatilización o combustión.

10.3.4. DESVENTAJAS DEL CARBONATO DE LITIO

- Reactividad limitada: lo que puede ser una desventaja en ciertos procesos industriales que requieren compuestos más reactivos.
- Toxicidad en grandes cantidades: la exposición a cantidades significativas o el mal manejo puede tener efectos adversos sobre la salud humana.
- Solubilidad moderada en agua: su solubilidad moderada puede ser una limitación para ciertos procesos que requieren disoluciones concentradas.

10.3.5. MANIPULACIÓN

Una de las principales características del carbonato de litio a considerar desde el punto de vista de la seguridad es su manejo en polvo o en forma granular, ya que, en forma pulverizada, puede ser irritante para las vías respiratorias si no se toman las medidas adecuadas. Aunque no es inflamable ni explosivo, el polvo fino de carbonato de litio puede dispersarse en el aire durante su manipulación, lo que requiere que los trabajadores utilicen equipos de protección adecuados, como mascarillas y gafas, para evitar la inhalación o el contacto ocular.

Equipo de protección personal: Utilizar guantes, gafas de seguridad y ropa protectora.

Ventilación: Trabajar en áreas bien ventiladas o utilizar campanas de extracción para evitar la inhalación de polvo.

Contención de derrames: En caso de derrame, contener y recoger el material utilizando técnicas de limpieza seca, evitando su liberación al medio ambiente.

Propiedades del carbonato de litio	Valor
Solubilidad en agua (g/100 mL a 20 °C)	1.3
Temperatura de ignición (°C)	No inflamable
Peligrosidad química	Puede liberar CO ₂ al descomponerse
Estabilidad química	Estable bajo condiciones normales
Calor de descomposición (kJ/mol)	Aproximadamente 90

Tabla 10.1 Propiedades del Li₂CO₃

Fuente: Elaboración propia



10.3.6. ALMACENAMIENTO

- Evítase generación de polvo
- Guardar bien cerrado y seco
- Mantener los envases cerrados y debidamente etiquetados.

Condiciones para el almacenamiento seguro

- Zona general de almacenaje de reactivos y soluciones químicas.
- Almacenamiento en bodegas y/o cabinas, diseñadas para contener productos químicos. Lugar frío, seco y con buena ventilación. Disponer de algún medio de contención de derrames.
- Acceso controlado y señalización del riesgo.
- Mantener alejado de condiciones y sustancias incompatibles.
- Proteger contra el daño físico.
- Tener los envases cerrados y debidamente etiquetados.
- Sustancias y mezclas incompatibles
- Almacenar alejado de condiciones y productos incompatibles.
- Se recomienda contener en recipiente de vidrio o plástico apropiado con cierre hermético.

10.3.7. RIESGOS DE ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de carbonato de litio conlleva varios riesgos, entre ellos:

Reactividad química: El carbonato de litio puede reaccionar con ácidos, liberando dióxido de carbono, lo que puede ser peligroso si no se controla adecuadamente.

Humedad: El carbonato de litio es higroscópico, lo que significa que puede absorber humedad del ambiente, afectando su calidad y propiedades. Esto puede generar riesgos de aglomeración y dificultades en su manejo.

Contaminación: Al ser un material químico sensible, el carbonato de litio puede contaminarse si no se almacena en un ambiente controlado, afectando su pureza y rendimiento en procesos industriales.

Polvo: El polvo de carbonato de litio puede ser un riesgo para la salud si es inhalado en grandes cantidades. Además, puede ser irritante para los ojos y la piel.

Derrames y fugas: En caso de derrames, puede haber riesgo de contaminación ambiental si el carbonato de litio se libera en el suelo o en cuerpos de agua.



Incompatibilidad con otros materiales: Es importante evitar el almacenamiento cercano a materiales incompatibles, como ácidos fuertes o sustancias inflamables, que puedan reaccionar con el carbonato de litio.

Riesgo de incendio: Aunque el carbonato de litio no es inflamable por sí mismo, el polvo fino en suspensión en el aire podría contribuir a la propagación de incendios bajo ciertas condiciones.

Para mitigar estos riesgos, se recomienda almacenar el carbonato de litio en lugares secos, bien ventilados, alejados de fuentes de calor y materiales reactivos, y en envases bien sellados.

10.4. CONCLUSIÓN

En suma, la seguridad e higiene dentro de una empresa es importante porque mediante la corrección de problemas, la detección de fallas y la evaluación de riesgos, se pueden llegar a prevenir un número importante de accidentes y enfermedades dentro del ámbito laboral.

Esto es importante para la organización no solo del punto de vista humano, sino también económico, teniendo en cuenta que un ambiente laboral sano permite una mayor productividad por parte de los trabajadores de la planta.

Los aspectos de seguridad no suponen un mayor inconveniente para la operación de la planta de carbonato de litio.

En espacios ventilados es poco probable que se alcancen concentraciones peligrosas. Los sistemas de seguridad empleados (PRDs “Pressure Relief Devices” y TRPDs “Thermal Pressure Relief Devices”) son relativamente sencillos, y están diseñados para activarse en situaciones de altas temperaturas y/o presiones liberando el contenido del interior del depósito en condiciones de seguridad.



11. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

11.1. INTRODUCCIÓN

La viabilidad o factibilidad económica, se determinará respecto a criterios de Valor Actual Neto (VAN), que dará el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuro evaluados a 10 años; y la Tasa Interna de Retorno (TIR), que establece la tasa a la cual se recuperará la inversión.

Se llevará a cabo una evaluación detallada de las características del proyecto propuesto: se estudiará la tasa de descuento, estructura de costos, se realizará el cálculo de los beneficios; y se observará la rentabilidad. Luego se completará el estudio en los capítulos posteriores, por medio de un análisis de riesgos y sensibilidad. Por último, se determina hasta qué punto se puede modificar una variable para que el proyecto comience a ser rentable.

11.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La tasa de descuento o coste de capital es una medida financiera que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro.

La tasa de descuento empleada en la actualización de los flujos de caja de un proyecto es una de las variables que más influyen en el resultado de la evaluación del mismo, teniendo así que la utilización de una tasa de descuento inapropiada puede llevar a un resultado equivocado de la evaluación.

El método más empleado en la actualidad para determinar esta tasa es el basado en el modelo de precios de los activos de capital, conocido con las siglas CAPM (Capital Asset Pricing Model).

Por este método la tasa de descuento se calcula de la siguiente forma:

$$r = Rf + (Rm - Rf) * \beta + Rp$$

Para el cálculo de la tasa de descuento a través de este método se tiene en cuenta:

La tasa libre de riesgo (Rf): Es práctica habitual, y aceptada en forma generalizada, evaluar la tasa de libre riesgo como el rendimiento de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos (Treasury Bonds o T-Bonds) con una madurez equivalente a la vida útil del activo que se desea evaluar. Para un horizonte de evaluación a diez años el T-bonds es del 3.767%.

La tasa de rentabilidad observada en el mercado (Rm) en EE. UU.: Se considera de un 10% y abarca a todos los sectores de la economía.



La sensibilidad (β): relaciona el riesgo del proyecto con el riesgo del mercado. Los bienes producidos por este proyecto se consideran commodities, por lo cual la beta elegida será la beta de mercado, tomando un valor igual a 1.

El valor de beta fue extraído de la siguiente página:
https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/totalbeta.html

Riesgo país (R_p): Se ha optado por determinar el riesgo país mediante el EMBI+ (Emerging Market Bond Índice Plus). Según la fuente ámbito.com el valor de riesgo país promedio histórico para la Argentina es de 990 puntos básicos, por lo tanto, se asumirá tal valor para realizar el cálculo.

Con los datos obtenidos ya puede procederse al cálculo de la tasa de descuento aplicable a este proyecto:

$$r = R_f + (R_m - R_f) * \beta + R_p = 3,767\% + (10\% - 3,767\%) * 1 + 9,90\% \\ r = 19,90\%$$

11.3. ESTRUCTURA DE COSTOS

Para la determinación de los costos del proyecto, se recurrió a información brindada por los proveedores de equipos establecidos en el Capítulo 6 "Ingeniería de Detalle".

11.3.1. INVERSIÓN INICIAL

La realización de un proyecto implica utilizar recursos para dos etapas distintas:

- La instalación y el montaje del proyecto
- La etapa de operación o funcionamiento del proyecto

Se debe disponer de toda inversión relativa a toda la distribución de la planta, a las dimensiones y al rendimiento de la maquinaria, las características y el costo de los edificios, construcciones y equipo complementario, etc. Esto permite la estimación del valor de los activos necesarios para obtener el total de la inversión requerida.

Es necesario mencionar que antes de realizar una inversión se tiene que considerar si esto llevará a obtener unos ingresos mayores que los costos de inversión.

Las erogaciones que deberían realizarse previa a comenzar a operar una planta industrial son los denominados costos de inversión. Éstos representan una significativa cantidad de dinero, el cual será destinado a realizar varias acciones requeridas antes de la puesta en marcha. La inversión inicial está compuesta por activos de dos tipos: tangibles e intangibles.



A continuación, se presenta una serie de tablas donde se listan todas las inversiones en tangibles e intangibles de los cuales se debe disponer para la puesta en funcionamiento de la planta objeto de este proyecto.

En estas tablas también se clasifican los bienes necesarios en base a la naturaleza de los mismos.

En el caso de las maquinarias, es importante considerar además de su costo inicial un valor adicional obtenido a través del método de Lang. En este método se multiplica la inversión necesaria en cada concepto por un determinado factor y de esta manera se estima ($\pm 20\%$) el costo total incluyendo transporte e instalación.

11.3.1.1. Terreno

El costo de la concesión incluye un canon anual que debe ser abonado al gobierno provincial. Para las sustancias de primera categoría, como el litio, el canon es de aproximadamente \$4,611.30 por pertenencia o unidad de medida.

El costo de los servicios y gastos comunes depende de la superficie de terreno que sea utilizada.

TERRENO		
Costo por m2	4,7	USD
m2 necesarios	4000	m2
Subtotal	16920	USD
% Trámites	10	%
Costos trámites	1880	USD
Costo de cierre	5000	USD
Costo de nivelación	20000	USD
TOTAL	-43800	USD

Tabla 11.1 Inversión inicial en terreno

Fuente: Elaboración propia



11.3.1.2. Edificio e instalaciones

La inversión en edificaciones se calcula en base al costo unitario de cada tipo de instalación. Y las dimensiones ya han sido determinadas en el capítulo 6 "Ingeniería de detalle". El costo correspondiente a instalaciones eléctricas se estima como aproximadamente un 30% del total del costo de las edificaciones. En el caso de las tuberías, se procede de la misma manera considerando un 4% del costo de la edificación.

EDIFICIOS E INSTALACIONES			
Ítem	Superficie (m2)	USD/m2	Total
Producción	1317	\$235	\$309.495
Laboratorio	150	\$320	\$48.000
Estacionamiento	1800	\$190	\$342.000
Comedor	450	\$280	\$126.000
Sanitarios y vestidores	100	\$280	\$28.000
Oficina	50	\$235	\$11.750
Instalación eléctrica	1	\$150	\$582.600
Tuberías	1	\$150	\$150.000
Caminos (km)	15	\$10.000	\$150.000
TOTAL	3884		-\$1.747.845

Tabla 11.2 Inversión inicial en edificios e instalaciones
Fuente: Elaboración propia

11.3.1.3. Maquinaria e insumos

En el capítulo 6 "Ingeniería de detalle", se determinó de forma detallada todas las necesidades en cuanto a equipos. Al costo ya determinado, se lo debe multiplicar por el factor de Lang, de forma de calcular el costo total necesario a invertir para que el equipo se encuentre instalado en la planta. En este caso el factor de Lang es de 1,9, obtenido de la revista Chemical Engineering en la sección de "Economics Indicator".



MAQUINARIA E INSUMOS			
ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (U\$/unidad)	COSTO INSTALADO (U\$D)
Bomba electrosumergible	4	\$11.894	\$90.394
Resina de adsorción (kg)	14692	\$53	\$1.479.484
Adsorbedor de lecho catalítico	2	\$70.000	\$266.000
Nanofiltración x membrana	14	\$40.000	\$1.064.000
Ósmosis Inversa x membrana	40	\$100.000	\$7.600.000
Evaporador	4	\$90.000	\$684.000
Reactor de mezcla	1	\$40.000	\$76.000
Filtro de bandas	1	\$10.800	\$20.520
Hidrociclón	1	\$19.000	\$36.100
Molino de Martillo	1	\$15.000	\$28.500
Equipamiento laboratorio	1	\$1.300.000	\$2.470.000
Autoelevador	4	\$34.000	\$258.400
COSTO TOTAL			-\$14.073.399

Tabla 11.3 Inversión inicial en equipos y maquinarias

Fuente: Elaboración propia

11.3.1.4. Muebles y útiles

En este apartado se considera la inversión a realizar en elementos para equipar las oficinas administrativas y el comedor. A esta inversión se le adiciona un 5% para contemplar distintos imprevistos.



MUEBLES Y ÚTILES			
ÍTEM	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (U\$D/unidad)	COSTO TOTAL(U\$D)
Computadoras	12	\$459	\$5.508
Impresoras	6	\$320	\$1.920
Escritorios	20	\$58	\$1.160
Sillas	60	\$45	\$2.700
Mesas	12	\$85	\$1.020
Armarios	10	\$79	\$790
Aire acondicionado	10	\$791	\$7.910
Teléfono	8	\$150	\$1.200
Imprevistos (5%)	1	\$441	\$441
COSTO TOTAL			- \$22.649

Tabla 11.4 Inversión inicial en muebles y útiles

Fuente: Elaboración propia

11.3.1.5. Costos diferidos

Las inversiones en activos intangibles son todas aquellas que se realizan sobre activos constituidos por los servicios o derechos adquiridos necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

El total de cargos diferidos se estima como un porcentaje de las inversiones descritas anteriormente. En concepto de planeación e integración del proyecto se estima un 0,3% de la inversión total en activos fijos. La ingeniería del proyecto tiene un costo equivalente al 0,35% del costo total de los equipos de planta. En supervisión del proyecto se debe invertir un 0,15% del capital invertido en activos fijos.

La constitución de una empresa en Argentina representa un costo de aproximadamente 4500 dólares. La administración del proyecto tiene un costo equivalente al 0,5% de la inversión en activos fijos. La puesta en marcha del equipo tiene un costo igual al 2% del costo de los equipos de planta.

Por último, la inversión en patentes y licencias se estima, según información provista por empresas del sector, en 0,3 dólares por tonelada de carbonato de litio a producir.



COSTOS DIFERIDOS		
ITEM	%	COSTO (U\$D)
Planeación e Integración del Proyecto	0,3	-\$47.663,08
Ingeniería del Proyecto	0,35	-\$55.606,92
Supervisión del Proyecto	0,15	-\$23.831,54
Administración del Proyecto	0,5	-\$79.438,46
Puesta en Marcha	2	-\$281.467,98
Constitución de la Empresa	--	-\$4.500,00
COSTO TOTAL		-\$492.507,98

Tabla 11.5 Inversión inicial en cargos diferidos
Fuente: Elaboración propia

11.3.1.6. Inversión necesaria

Para la instalación y puesta en marcha de una planta de producción de Carbonato de litio de las características planteadas en este proyecto, se necesita una inversión inicial igual a la suma de los valores planteados anteriormente. El valor de la inversión total requerida para el proyecto asciende a los U\$S 16.380.200,78.

11.3.2. CRONOGRAMA DE INVERSIONES

El cronograma de inversiones es la presentación de las inversiones detalladas por cada uno de los conceptos básicos en función del tiempo en que se van a realizar, indicando las sumas a invertir en cada concepto, totalizadas por la unidad de tiempo que en este caso es años.

En una industria de este tipo, y debido a las características del proceso, se considera óptimo que la inversión total de puesta en marcha sea realizada en el primer año.

Dentro de este año, la construcción de la edificación e instalaciones se plantea hacer en los primeros seis meses en desembolsos de igual valor.

Los costos diferidos se emplean en su totalidad en el primer mes, a excepción de los costos de puesta en marcha de la planta que, lógicamente, se necesitan en el último mes de inversión.

La adquisición de maquinarias y equipos se determina que se realizará desde el séptimo al doceavo mes en valores equivalentes todos los meses.

Por último, tanto muebles y útiles como rodados y maquinarias son adquiridos en el último mes debido a que no demandan una gran cantidad de tiempo para su instalación.

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
 “Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
 Nanofiltración”



Como la inversión total se realiza en periodos distintos de tiempo, para el cálculo de su valor real al momento cero de este proyecto, se realiza una actualización de los distintos costos mensuales.

El primer paso para realizar este cálculo es determinar la tasa equivalente mensual a la tasa de descuento anual calculada para este proyecto.

$$TEM = (1 + r)^{1/12} - 1 = (1 + 0,2254)^{1/12} - 1 = 0,01523$$

Con esta tasa se actualizan las inversiones a realizar cada mes, considerando que la erogación correspondiente se hace a la mitad de cada mes.

ITEM	1	2	3	4	5
TERRENO	-\$43.800,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
EDIFICIO E INSTALACIONES	-\$291.307,50	-\$291.307,50	-\$291.307,50	-\$291.307,50	-\$291.307,50
MAQUINARIA Y EQUIPOS	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
MUEBLES Y UTILES	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
COSTOS DIFERIDOS	-\$492.507,98	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
PUESTA EN MARCHA	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
TOTAL	-\$827.615,48	-\$291.307,50	-\$291.307,50	-\$291.307,50	-\$291.307,50
VALOR ACTUALIZADO	-\$992.310,96	-\$349.277,69	-\$349.277,69	-\$349.277,69	-\$349.277,69

6	7	8	9	10	11	12
\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
-\$291.307,50	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
\$0,00	-\$2.345.566,47	-\$2.345.566,47	-\$2.345.566,47	-\$2.345.566,47	-\$2.345.566,47	-\$2.345.566,47
\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	-\$22.649,00
\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	-\$281.467,98
-\$291.307,50	-\$2.345.566,47	-\$2.345.566,47	-\$2.345.566,47	-\$2.345.566,47	-\$2.345.566,47	-\$2.649.683,44
-\$349.277,69	-\$2.812.334,19	-\$2.812.334,19	-\$2.812.334,19	-\$2.812.334,19	-\$2.812.334,19	-\$3.176.970,45

Tabla 11.7 Cronograma de inversiones
 Fuente: Elaboración propia



De esta forma, el valor de la inversión inicial, actualizada al momento cero del proyecto asciende a U\$S 19.977.340,84.

11.3.3. INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO (ICT)

La empresa para poder operar requiere de recursos para cubrir necesidades de insumos, materia prima, mano de obra, reposición de activos fijos, etc. Estos recursos deben estar disponibles a corto plazo para cubrir las necesidades de la empresa a tiempo. Existen diversas formas de cálculo del capital de trabajo. Las más utilizadas son:

- Método de desfase
- Método de déficit acumulado máximo
- Método contable

11.3.3.1. Selección de método

Generalmente el método del déficit acumulado máximo es el más utilizado para proyectos cuya estacionalidad es marcada, por otro lado el sistema de periodo de desfase es muy útil para aquellos proyectos que tienen periodos de recuperación cortos, sin embargo éste último manifiesta la deficiencia de no considerar los ingresos que se podrían percibir durante el periodo de recuperación (por ventas realizadas a otros consumidores), con lo que el monto así calculado tiende a sobre evaluarse, castigando el resultado de la evaluación.

Pese a lo expuesto previamente, para el caso de este proyecto resulta de mayor utilidad la aplicación del método de desfase.

11.3.3.2. Cálculo de la inversión en capital de trabajo

El cálculo del capital de trabajo a través del método seleccionado se realiza empleando la siguiente fórmula:

$$ICT = \frac{CA}{360} * nd$$

Donde:

ICT: Inversión inicial en capital de trabajo

CA: costo anual proyectado para el primer año de operación

nd: número de días de desfase entre la ocurrencia de los egresos y la generación de ingresos.

Para calcular el periodo de desfase se tendrá en cuenta:

Tiempo de elaboración del producto: 7 días

Tiempo de comercialización: 10 días.

Tiempo en que se hace efectivo el cobro: 30 días

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



11.3.4. COSTOS FIJOS

Un costo fijo es una erogación en que la empresa debe incurrir obligatoriamente, aun cuando la empresa opere a bajos niveles, o no lo haga, razón por la que son tan importantes en la estructura financiera de cualquier empresa.

Este costo está compuesto por una serie de factores, los cuales serán descritos y cuantificados en los posteriores apartados.

11.3.4.1. Costos por depreciaciones y amortizaciones

Las definiciones de depreciación y amortización se refieren en ambos casos a la pérdida de valor económico que sufre un activo con el transcurrir del tiempo.

La diferencia entre ambos conceptos es que la depreciación hace referencia a la pérdida de valor en el caso de los activos tangibles, mientras que la amortización se refiere a bienes intangibles.

El porcentaje de depreciación/amortización depende del tipo de activo que se esté analizando y se encuentra establecido por ley para cada caso.

En la siguiente serie de tablas se presentan los costos en conceptos de amortizaciones y depreciaciones para los activos que componen la inversión de la empresa.

TABLA DE DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES						
ACTIVOS TANGIBLES		Periodo de Depreciación	Porcentaje de Depreciación ANUAL	Depreciación ANUAL	Depreciación TOTAL	VALOR RESIDUAL
ITEM	Valor (U\$D)					
Edificio e Instalaciones	-\$ 1.747.845,00	25	4%	-\$69.913,80	-\$699.138,00	\$1.048.707,00
Maquinaria y Equipos	-\$ 14.073.398,80	10	10%	-\$1.407.339,88	-\$14.073.398,80	\$0,00
Muebles y Útiles	-\$ 22.649,00	3	10%	-\$2.264,90	-\$22.649,00	\$0,00
				-\$1.479.518,58	-\$14.795.185,80	\$1.048.707,00
ACTIVOS INTANGIBLES		Periodo de Amortización	Porcentaje de Amortización ANUAL	Amortización ANUAL		
ITEM	Valor (U\$D)					
Costos Diferidos	-\$ 492.507,98	2	50%	-\$246.253,99		

Tabla 11.7 Tabla de depreciaciones y amortizaciones

Fuente: Elaboración propia



El costo anual del total de amortizaciones varía dependiendo el año que se analice en el horizonte de evaluación, debido a que dependiendo el concepto que se analice, varía la vida útil contable. En el primer año, este valor representa un total de U\$S 246.253,99.

11.3.4.2. Costos fijos de mano de obra

En el Capítulo 7 “Aspectos organizacionales”, se presentó un análisis del organigrama de la empresa. Partiendo de esta información se determina cuáles son las funciones que componen la mano de obra permanente. Su definición se realiza planteando un escenario de parada de producción, y en este caso se analiza cuáles son las personas que deben seguir prestando función para que la planta pueda seguir funcionando. Los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 11.8.

MANO DE OBRA FIJA					
FUNCIÓN	CATEGORÍA	CANTIDAD DE PUESTOS	SUELDO BÁSICO (U\$D)	EXTRAS	SUELDO BRUTO (U\$D)
				0,6	
Gerente General	FCCT	1	\$11.000	\$6.600	\$211.200
Gerente de Operaciones	FCCT	1	\$7.000	\$4.200	\$134.400
Gerente de Economía y Finanzas	FCCT	1	\$7.000	\$4.200	\$134.400
Gerente de Calidad	FCCT	1	\$7.000	\$4.200	\$134.400
Jefe Dpto. Logística y Almacenamiento	FCCT	2	\$4.500	\$2.700	\$172.800
Jefe de Producción	FCCT	2	\$4.500	\$2.700	\$172.800
Jefe de Cobranzas	FCCT	1	\$4.500	\$2.700	\$86.400
Jefe de Mantenimiento	FCCT	2	\$4.500	\$2.700	\$172.800
TOTAL U\$D/AÑO					-\$1.219.200

Tabla 11.8 Tabla de costos fijos de mano de obra
 Fuente: Elaboración propia

11.3.4.3. Costos fijos de servicios, administración y comercialización

En este apartado se incluyen aquellos costos fijos que no pueden ser incluido en los ítems anteriores. Así se contabilizan por ejemplo costos de librería, internet, teléfonos, etc. El costo de mantenimiento tendrá un valor del 4% del valor de la inversión inicial del proyecto.



COSTO FIJO POR SERVICIOS	
SERVICIO	COSTO ANUAL (U\$D)
Teléfonos e Internet	-\$1.500
Limpieza	-\$30.000
Atención Médica	-\$90.000
Seguridad	-\$80.000
Comedor	\$50.000
Gas	-\$20.000
Agua / Red Incendios / Matafuegos	-\$20.000
Transporte	-\$40.000
Electricidad	-\$40.000
Tratamiento de Agua	-\$100.000
Mantenimiento	-\$655.208
TOTAL	-\$1.026.708

Tabla 11.9 Tabla de costos fijos por servicios
Fuente: Elaboración propia

COSTO FIJO POR ADMINISTRACIÓN	
SERVICIO	COSTO ANUAL (U\$D)
Teléfonos e Internet	-\$1.500
RRHH	-\$40.000
Sistemas	-\$30.000
Contabilidad	-\$5.000
Logística	-\$80.000
Infraestructura	-\$20.000
TOTAL	-\$176.500

Tabla 11.10 Tabla de costos fijos por administración
Fuente: Elaboración propia



COSTO FIJO POR COMERCIALIZACIÓN	
SERVICIO	COSTO ANUAL (U\$D)
Marketing	-\$12.000
Logística de venta	-\$5.886.360
Infraestructura	-\$50.000
BigBags	-\$192.000
TOTAL	-\$6.140.360

Tabla 11.11 Tabla de costos fijos por comercialización
Fuente: Elaboración propia

11.3.4.4. Resumen de costos fijos

A modo de conclusión parcial se presenta en este apartado un análisis de los diferentes valores de costos fijos obtenidos para el año 1 de funcionamiento del proyecto.

Distribución Costos Fijos

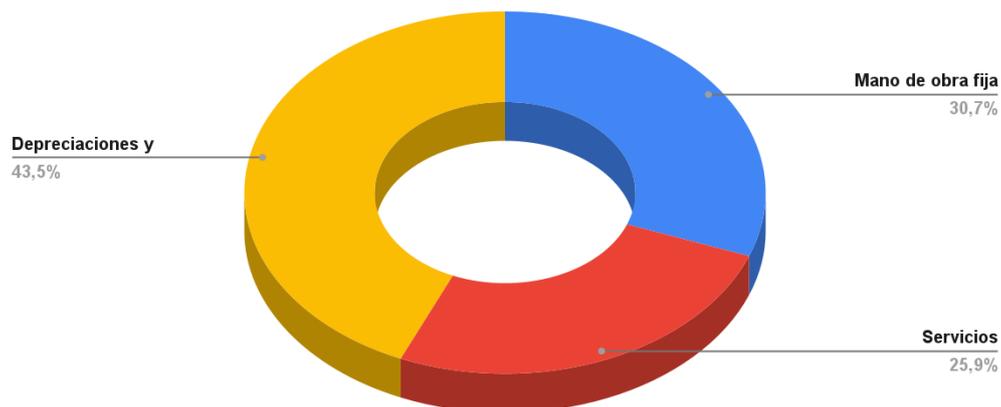


Figura 11.1 Distribución de fijos para el año 1
Fuente: Elaboración propia



11.3.5. COSTOS VARIABLES

Como su nombre lo indica, el costo variable hace referencia a los costos de producción que varían dependiendo del nivel de producción.

Todo aquel costo que aumenta o disminuye según aumente o disminuya la producción, se conoce como costo variable.

La organización debe intentar que la mayor parte de sus costos sean variables, para disminuir el mínimo posible sus costos totales en casos en los cuales se deba reducir la producción.

11.3.5.1. Costos variables por materias primas e insumos

Tanto las materias primas como los insumos necesarios para la obtención de carbonato de litio se han mencionado y cuantificado especialmente en el capítulo 6 “Ingeniería de detalle”.

En la Tabla 11.10 se muestran los resultados de los costos variables debidos a materias primas e insumos. Estos se calculan multiplicando el costo unitario de cada factor por las cantidades necesarias.

MATERIAS PRIMAS					
TIPO	PESO Tn/año	COSTO EN USD/Tn	COSTO DE TRANSPORTE USD/Tn	COSTO MENSUAL (U\$D)	COSTO ANUAL (U\$D)
Carbonato de Sodio	12.160	\$980	\$100	-\$1.094.501	-\$13.134.016
Ácido Clorhídrico	320	\$85	\$100	-\$4.933	-\$59.200
Dióxido de Carbono	4.200	\$250	\$150	-\$140.000	-\$1.680.000
TOTAL			\$350,00	-\$1.239.435	-\$14.873.216

Tabla 11.12 Tabla de costos variables de materias primas e insumos
 Fuente: Elaboración propia

11.3.5.2. Costos variables por mano de obra variable

Entran en esta clasificación todas aquellas funciones incluidas en el organigrama de la empresa y que no se hayan considerado anteriormente dentro de los costos fijos de mano de obra.



MANO DE OBRA						
FUNCIÓN	CATEGORÍA	CANTIDAD DE PUESTOS	SUELDO BÁSICO (U\$D)	EXTRAS (vacaciones, aguinaldo, etc)	SUELDO BRUTO (U\$D)	TOTAL ANUAL (U\$D)
				0,6		
Auxiliar Logística	A3	2	\$2.100	\$1.260	\$3.360	\$80.640
Gerente Comercial	Fuera del CCT	2	\$7.000	\$4.500	\$11.500	\$276.000
Operario de Producción	A2	40	\$1.300	\$900	\$2.200	\$1.056.000
Laboratorista	A2	6	\$2.800	\$2.100	\$4.900	\$352.800
Técnicos de Mantenimiento	A1	4	\$2.500	\$1.500	\$4.000	\$192.000
TOTAL (U\$D)						-\$1.957.440

Tabla 11.13 Costos variables de mano de obra variable
Fuente: Elaboración propia

11.3.5.3. Costos variables por servicios

En este caso se procede de igual forma que en el caso de los costos fijos en este tipo de conceptos, incluyendo aquellos cuyo consumo depende de la cantidad de producto que se genere.

SERVICIOS Y OTROS COSTOS			
Item	Cantidad Mensual	Precio Unitario (U\$S)	Costo Anual
Energía Eléctrica (kW)	1.000.000	\$0,39	\$4.680.000
Gas natural (m3)	500.000	\$0,12	\$744.000
Agua (m3)	2160	\$0,54	\$13.996,80
TOTAL	-	-	-\$5.437.997

Tabla 11.14 Costos variables por servicios
Fuente: Elaboración propia



11.3.5.4. Resumen de costos variables

Se analiza en este apartado los resultados obtenidos en los casos anteriores.

Distribucion de Costos Variables

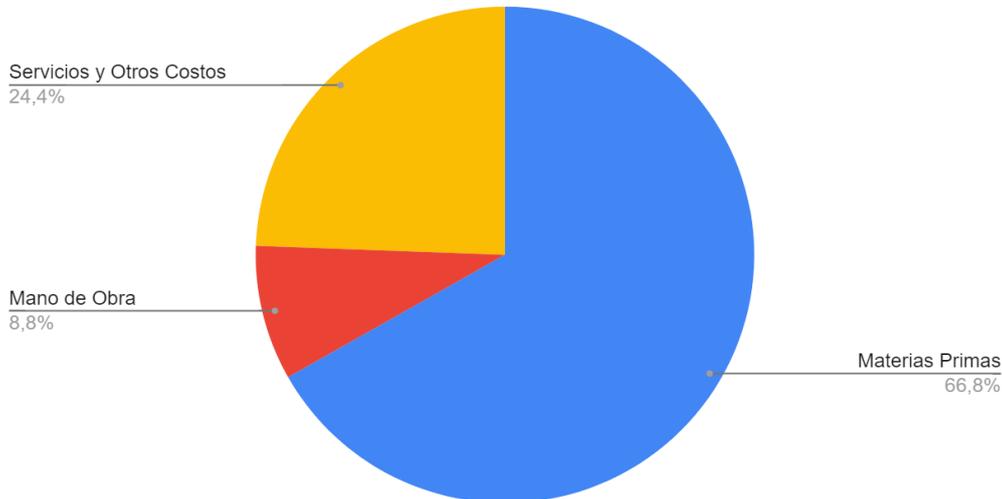


Figura 11.3 Distribución de costos variables del proyecto
Fuente: Elaboración propia

En esta figura se observa claramente que el concepto que mayor influencia presenta sobre el costo variable del producto es el de servicios. Es por ello que deben concentrarse los mayores esfuerzos en reducir estos costos, a través de incorporación de nuevas tecnologías que consuman menos energía eléctrica.

11.3.6. COSTOS TOTALES

El costo total de la empresa está dado por la suma de los costos variables y los costos fijos calculados.

El costo total para el plan de producción estudiado es de U\$S 56.918.646,20 por año.

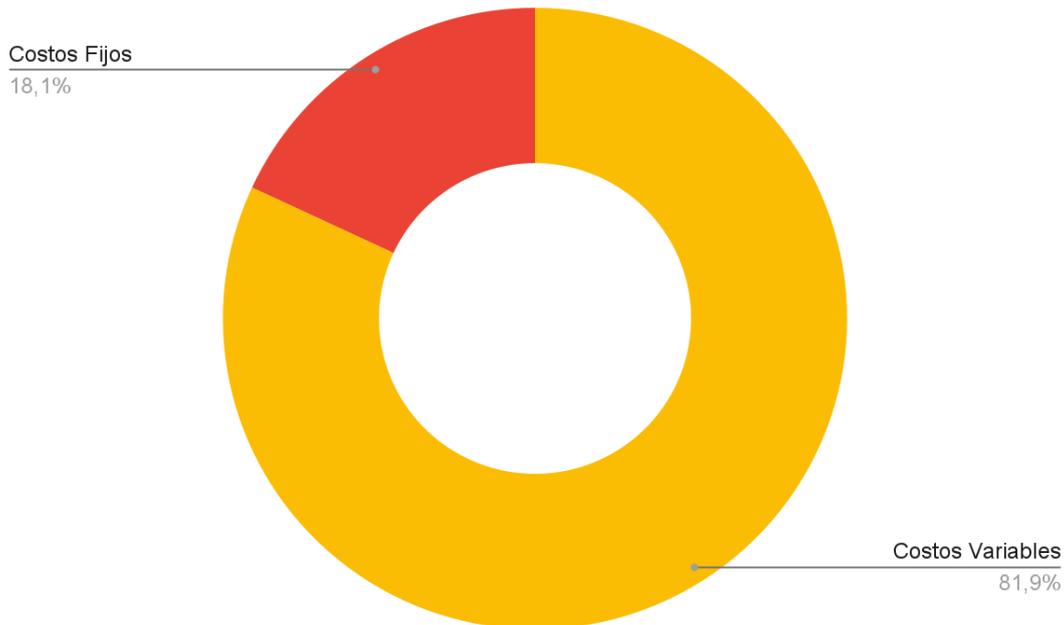


Figura 11.4 Distribución de costos totales del proyecto
Fuente: Elaboración propia

11.4. BENEFICIOS DEL PROYECTO

El carbonato de litio grado batería se caracteriza por su alta demanda global, impulsada principalmente por su uso en la fabricación de baterías de iones de litio, un componente esencial en la industria de vehículos eléctricos y almacenamiento de energía.

El Li_2CO_3 se comercializa principalmente a través de contratos entre empresas productoras y fabricantes, lo que puede llevar a una mayor variabilidad en los precios según las condiciones del mercado y la oferta y demanda específica.

Su precio de venta está influenciado por las tendencias del mercado internacional y determinado principalmente por los costos operativos de extracción, procesamiento y purificación.

El precio de venta utilizado para calcular el flujo de caja de la tonelada de carbonato de litio grado batería se basa en el documento titulado “Coyuntura minera: precios”, publicado por la Secretaría de Minería de la Nación en septiembre de 2024. Según este documento, el precio de venta estimado es de USD 10900 por tonelada.



11.4.1. INGRESOS TOTALES

En base al análisis de precio de venta, se realizaron las siguientes tablas para determinar el volumen de ingresos mensual y anual.

INGRESOS POR VENTAS DE CARBONATO DE LITIO				
MES	DÍAS LABORABLES	PRODUCCIÓN ESTIMADA (tn/mes)	PRECIO DE VENTA (U\$D/tn)	INGRESO MENSUAL (U\$D/mes)
ENERO	18	338,82	\$10.900	\$3.693.176
FEBRERO	28	527,06	\$10.900	\$5.744.941
MARZO	31	583,53	\$10.900	\$6.360.471
ABRIL	30	564,71	\$10.900	\$6.155.294
MAYO	31	583,53	\$10.900	\$6.360.471
JUNIO	30	564,71	\$10.900	\$6.155.294
JULIO	31	583,53	\$10.900	\$6.360.471
AGOSTO	31	583,53	\$10.900	\$6.360.471
SEPTIEMBRE	30	564,71	\$10.900	\$6.155.294
OCTUBRE	31	583,53	\$10.900	\$6.360.471
NOVIEMBRE	30	564,71	\$10.900	\$6.155.294
DICIEMBRE	19	357,65	\$10.900	\$3.898.353
TOTAL	340	6400	-	\$69.760.000

Tabla 11.15 Ingresos por ventas mensuales

Fuente: Elaboración propia



INGRESOS POR VENTAS DE CARBONATO DE LITIO			
AÑO	PRODUCCIÓN ESTIMADA (tn/año)	PRECIO DE VENTA (U\$D/tn)	INGRESO ANUAL (U\$D/año)
1	6400	\$10.900	\$69.760.000
2	6400	\$10.900	\$69.760.000
3	6400	\$10.900	\$69.760.000
4	6400	\$10.900	\$69.760.000
5	6400	\$10.900	\$69.760.000
6	6400	\$10.900	\$69.760.000
7	6400	\$10.900	\$69.760.000
8	6400	\$10.900	\$69.760.000
9	6400	\$10.900	\$69.760.000
10	6400	\$10.900	\$69.760.000
TOTAL			\$697.600.000

Tabla 11.16 Ingresos por ventas anuales
Fuente: Elaboración propia

11.5 PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio determina cuál es el nivel de ventas preciso para poder cubrir el total de los costos de la empresa, puesto que predice el punto de ventas anuales que se debe conseguir para no tener pérdidas y comenzar a disfrutar de beneficios.

Se caracteriza por ser el punto justo en el que una empresa comienza a cubrir sus costos. Por ello, si incrementa sus ventas, ubicándose por encima del punto de equilibrio, empezará a percibir un beneficio positivo. Y, por el contrario, si las ventas se sitúan por debajo de este punto de equilibrio se tendrán pérdidas.

Partiendo de su definición se puede establecer la fórmula de cálculo, es decir, se igualan los ingresos por venta de productos con la suma de los costos fijos y variables. Realizando los despejes necesarios se llega a la ecuación de cálculo del punto de equilibrio que se presenta a continuación, sabiendo que:



- Qe: cantidad de producto que determina el punto de equilibrio
- CF: costos fijos totales
- CVu: costo variable unitario

$$CVu = \frac{CVT}{q} \quad Qe = \frac{CF}{(Pv - CVu)}$$

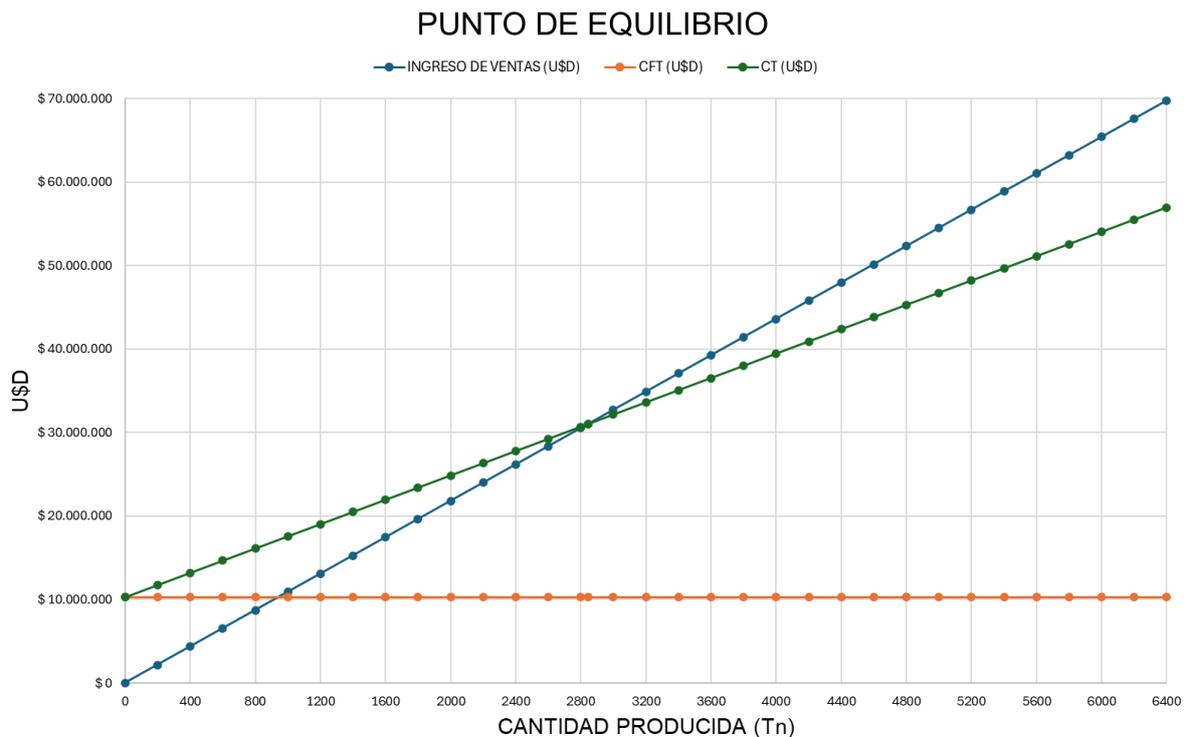


Figura 11.5 Punto de equilibrio
Fuente: Elaboración propia

11.6 FLUJO DE CAJA

El flujo de caja o flujo de efectivo es la diferencia entre ingresos y egresos de una empresa o persona que vuelve a ser utilizado en su operación o proceso productivo; esto representa la disponibilidad neta de dinero en efectivo para cubrir los costos y gastos en que incurre la empresa o persona, lo que le permite obtener un margen de seguridad para operar durante el horizonte del proyecto, siempre y cuando dicho flujo sea positivo. En este caso se presenta el flujo de caja analizado para los 10 años que representan el horizonte de evaluación del proyecto.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
"Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración"



AÑOS	0	1	2	3	4	5
<i>Ingresos por Venta del Producto</i>		\$69.760.000	\$69.760.000	\$69.760.000	\$69.760.000	\$69.760.000
<i>Impuesto - Ingresos Brutos (2%)</i>		-\$1.395.200	-\$1.046.400	-\$1.046.400	-\$1.046.400	-\$1.046.400
INGRESOS NETOS		\$68.364.800	\$68.713.600	\$68.713.600	\$68.713.600	\$68.713.600
<i>Costos Erogables de Producción</i>		-\$2.245.908	-\$2.245.908	-\$2.245.908	-\$2.245.908	-\$2.245.908
<i>Costos Erogables de Administración</i>		-\$176.500	-\$176.500	-\$176.500	-\$176.500	-\$176.500
<i>Costos Erogables de Comercialización</i>		-\$6.140.360	-\$6.140.360	-\$6.140.360	-\$6.140.360	-\$6.140.360
<i>Costos Variables (CV)</i>		-\$46.630.106	-\$46.630.106	-\$46.630.106	-\$46.630.106	-\$46.630.106
<i>Depreciaciones</i>		-\$1.479.519	-\$1.479.519	-\$1.479.519	-\$1.479.519	-\$1.479.519
<i>Amortizaciones</i>		-\$246.254	-\$246.254			
UTILIDADES ANTE IMPUESTOS		\$11.446.154	\$11.794.954	\$12.041.208	\$12.041.208	\$12.041.208
<i>Impuestos a las ganancias (35%)</i>		-\$4.006.154	-\$4.128.234	-\$4.214.423	-\$4.214.423	-\$4.214.423
UTILIDAD NETA		\$7.440.000	\$7.666.720	\$7.826.785	\$7.826.785	\$7.826.785
<i>Depreciaciones</i>		\$1.479.519	\$1.479.519	\$1.479.519	\$1.479.519	\$1.479.519
<i>Amortizaciones</i>		\$246.254	\$246.254			
<i>Inversión Inicial (I₀)</i>	-\$19.977.341					
<i>Capital de Trabajo</i>	-\$6.756.390					
<i>Valor Residual (VR)</i>						
FLUJO DE CAJA	-\$26.733.731	\$9.165.773	\$9.392.493	\$9.306.304	\$9.306.304	\$9.306.304

AÑOS	6	7	8	9	10
<i>Ingresos por Venta del Producto</i>	\$69.760.000	\$69.760.000	\$69.760.000	\$69.760.000	\$69.760.000
<i>Impuesto - Ingresos Brutos (2%)</i>	-\$1.046.400	-\$1.046.400	-\$1.046.400	-\$2.790.400	-\$2.790.400
INGRESOS NETOS	\$68.713.600	\$68.713.600	\$68.713.600	\$66.969.600	\$66.969.600
<i>Costos Erogables de Producción</i>	-\$2.245.908	-\$2.245.908	-\$2.245.908	-\$2.245.908	-\$2.245.908
<i>Costos Erogables de Administración</i>	-\$176.500	-\$176.500	-\$176.500	-\$176.500	-\$176.500
<i>Costos Erogables de Comercialización</i>	-\$6.140.360	-\$6.140.360	-\$6.140.360	-\$6.140.360	-\$6.140.360
<i>Costos Variables (CV)</i>	-\$46.630.106	-\$46.630.106	-\$46.630.106	-\$46.630.106	-\$46.630.106
<i>Depreciaciones</i>	-\$1.479.519	-\$1.479.519	-\$1.479.519	-\$1.479.519	-\$1.479.519
UTILIDADES ANTE IMPUESTOS	\$12.041.208	\$12.041.208	\$12.041.208	\$10.297.208	\$10.297.208
<i>Impuestos a las ganancias (35%)</i>	-\$4.214.423	-\$4.214.423	-\$4.214.423	-\$3.604.023	-\$3.604.023
UTILIDAD NETA	\$7.826.785	\$7.826.785	\$7.826.785	\$6.693.185	\$6.693.185
<i>Depreciaciones</i>	\$1.479.519	\$1.479.519	\$1.479.519	\$1.479.519	\$1.479.519
<i>Capital de Trabajo</i>					\$6.756.390
<i>Valor Residual (VR)</i>					\$1.048.707
FLUJO DE CAJA	\$9.306.304	\$9.306.304	\$9.306.304	\$8.172.704	\$15.977.801

Tabla 11.17 Flujo de caja
Fuente: Elaboración propia



11.6.1. VALOR ACTUAL NETO

El valor actual neto (VAN) es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable.

En este proyecto, considerando una tasa de descuento de 0,199, el VAN es de \$13.223.730,96 lo que indica que el proceso presentado si posee factibilidad económica.

11.6.2. TASA INTERNA DE RETORNO

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La TIR puede ser utilizada como un parámetro indicador de la rentabilidad de un proyecto, esto es, a mayor TIR, mayor rentabilidad; además se usa como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para llevar a cabo esto, la TIR se compara con la tasa de descuento. Si la tasa de rendimiento del proyecto, expresada por la TIR supera a la tasa de descuento se acepta la inversión; en caso contrario se rechaza.

La TIR calculada en este caso es de 33%, superior a la tasa de descuento del proyecto, lo que confirma la factibilidad de la propuesta. El valor positivo de la TIR está directamente relacionado con el valor positivo del VAN.

11.7. CONCLUSIÓN

Luego de realizar la evaluación económica del proyecto propuesto se podría determinar que, acorde a la situación económica-financiera pronosticada de Argentina y el mundo, manteniéndose en el horizonte temporal estipulado, el proyecto sería rentable.

Esto se puede argumentar desde un punto de vista contable, ya que, en el escenario planteado, los datos arrojados por el proyecto son positivos. En el período de evaluación de 10 años: el VAN es de \$13.223.730,96 y la TIR es de 33%. Cabe destacar que todo el escenario planteado puede tener variaciones no sólo en cuanto a resultados, sino a capacidad de ventas, abastecimiento, entre otros, por lo que se procede a estudiar las variables que más afectan a los resultados finales del proyecto para posteriormente realizarles un análisis integral de sensibilidad, viendo cómo afectan variaciones en el escenario al proyecto establecido.



12. ANÁLISIS DE RIESGO

12.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se buscará determinar y analizar los riesgos presentes en una planta de producción de carbonato de litio. Se calificará la importancia relativa de cada uno de ellos, realizando luego la estimación de la probabilidad de ocurrencia, y de este modo, se obtendrá una idea de las distintas magnitudes de influencia de estos sobre el proyecto. Posterior al análisis, se propondrán medidas de mitigación, compensación y de contingencia.

Este análisis resulta ser una herramienta fundamental para la determinación de variables a sensibilizar en eventuales simulaciones del flujo de caja del proyecto y de la rentabilidad obtenida.

12.2. RIESGOS IDENTIFICADOS

Para poder enumerar todos los riesgos involucrados en este proyecto, se necesitaría un análisis muy exhaustivo que excede los límites de un estudio de prefactibilidad. Además, no resultaría de gran utilidad para el caso en estudio.

Es por ello que se buscarán y analizarán las principales variables que tengan influencia y significancia para este tipo de industrias.

12.2.1. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

12.2.1.1. Baja de productividad

Uno de los principales riesgos en la planta de producción de carbonato de litio mediante extracción directa es la disminución en la productividad. Esto puede deberse a una variación en la concentración de litio en la salmuera o a fallas en el proceso de extracción.

La tecnología de extracción directa, aunque más eficiente que los métodos tradicionales, es sensible a variaciones en los insumos y puede sufrir una reducción en su rendimiento si no se optimizan adecuadamente los parámetros operativos.

12.2.1.2. Falta de insumos y/o servicios

El proceso de extracción directa de litio depende principalmente de la disponibilidad continua de salmuera, que es abundante en los salares, lo que reduce significativamente el riesgo de escasez en la principal materia prima.

En cuanto a los otros insumos necesarios, como CO_2 , HCl y Na_2CO_3 , es poco probable que estos reactivos falten en el mercado, ya que son productos químicos ampliamente disponibles y producidos a gran escala. Sin embargo, cualquier interrupción en su suministro o en el



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



acceso a servicios clave, como la energía eléctrica, podría ocasionar paradas en la producción y retrasos en el cumplimiento de los objetivos.

Para mitigar este riesgo, es esencial mantener acuerdos sólidos con proveedores confiables y contar con planes de contingencia que garanticen la redundancia de estos insumos críticos, minimizando cualquier posible impacto en la operación continua de la planta.

12.2.1.3. Falla de maquinaria

El uso de equipos altamente especializados, como bombas centrífugas para la extracción de salmuera y sistemas de nanofiltración, introduce el riesgo de fallas mecánicas o técnicas. Un fallo en estos equipos puede causar la interrupción de la producción, lo que afectaría el flujo de trabajo.

Es crucial implementar programas de mantenimiento preventivo y contar con repuestos críticos en el sitio para minimizar el tiempo de inactividad.

12.2.2. ASPECTOS ECONÓMICOS

12.2.2.1. Aumento del precio de las materias primas

La incidencia de los costos de las materias primas en los costos de producción, de acuerdo a un aumento significativo o no, podrían provocar una modificación en la estructura de los costos, la que influiría negativamente en el flujo de caja del proyecto.

Se fija un plan de contingencias que incluye las siguientes medidas:

Buscar y contactar a varios proveedores de materias primas.

Fijar acuerdos comerciales a largo plazo con los mejores proveedores de materias primas.

12.2.2.2. Baja en el precio del producto

El precio del carbonato de litio se determina principalmente por los costos operativos de su extracción, procesamiento y purificación, y está fuertemente influenciado por las tendencias del mercado internacional. Debido a que se comercializa principalmente mediante contratos entre productores y fabricantes de los productos finales como las baterías, los precios pueden variar según la oferta, la demanda y las condiciones del mercado en cada momento.

Una disminución en el precio de venta puede afectar negativamente la factibilidad económica del proyecto, por lo que es un factor clave a tener en cuenta.

Sin embargo, la tendencia a nivel mundial muestra una creciente demanda de litio, impulsada principalmente por el auge de los vehículos eléctricos, los cuales dependen de baterías de litio-ion. Esta transición hacia la movilidad eléctrica, junto con la creciente adopción de



energías renovables que también requieren sistemas de almacenamiento de energía, sugiere que la demanda de litio seguirá aumentando en los próximos años.

Por otro lado, la construcción de nuevas plantas de extracción o la expansión de las existentes es un proceso largo y complejo, generando una oferta limitada y una situación donde la demanda supera la capacidad de producción a corto y mediano plazo, lo que contribuye a mantener el precio elevado.

En el **Capítulo 11: Evaluación Económica del Proyecto**, el precio de venta estimado fue calculado de manera conservadora, basándose en proyecciones de empresas líderes del sector. Esta estrategia reduce el riesgo de que una eventual baja en el precio ponga en peligro la rentabilidad del proyecto.

No obstante, en caso de que se produjera una caída en el precio del carbonato de litio, se han establecido las siguientes medidas dentro del plan de contingencia:

Revisar los costos de materias primas: Optimizar el uso de insumos como reactivos y energía para reducir los costos operativos sin comprometer la eficiencia de la producción.

Reestructurar el precio de venta: Evaluar contratos de venta a largo plazo y explorar oportunidades en mercados emergentes donde la demanda aún no esté completamente satisfecha.

Determinar el punto mínimo de rentabilidad: Identificar el umbral de precio más bajo en el cual el proyecto sigue siendo económicamente viable y ajustar las operaciones en consecuencia.

12.2.3. SINIESTROS E IMPREVISTOS

12.2.3.1. Incendios y explosiones

La acumulación de polvo de carbonato de litio en una planta de producción puede representar un riesgo importante de incendio o explosión, particularmente en espacios cerrados o mal ventilados.

Cuando el polvo de carbonato de litio se dispersa en el aire en concentraciones suficientemente altas, puede formar una mezcla explosiva si entra en contacto con una fuente de ignición, como una chispa, calor excesivo, o un arco eléctrico. Esto se debe a que las partículas en suspensión tienen una gran superficie expuesta al oxígeno, lo que facilita la combustión rápida y violenta.

Por esta razón, las plantas de producción de carbonato de litio están equipadas con sistemas de extracción y ventilación de polvo diseñados específicamente para minimizar la acumulación de partículas en el aire. Estos sistemas se instalan en áreas críticas donde es más probable que se genere polvo, tales como las zonas de carga y descarga,

DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel

Año 2024



procesamiento, y transporte interno de materiales. La función principal de estos sistemas es capturar el polvo en el origen, evitando que se disperse y alcance concentraciones peligrosas en suspensión.

Considerando esto, se puede concluir que el riesgo de que se produzca algún tipo de incendio es bajo. Sin embargo, si se produce un accidente de este tipo, el efecto que puede producir en la planta es altamente negativo, generando daños en la planta, en el personal, entre otros.

- Realizar continuas capacitaciones del personal para que, en caso de un siniestro, sepan cómo actuar.
- Disponer de buenas y correctas instalaciones de almacenes o depósitos de inflamables.
- Realizar mantenimiento de las condiciones del sistema de alarmas y lucha contra incendios.
- Disponer de zonas debidamente indicadas en la planta para la evacuación del personal en caso de un accidente.
- Capacitar en conductas operativas acordes a los lineamientos de las normas de seguridad e higiene.
- Colocar toda la cartelería correspondiente en las zonas de peligro para evitar confusiones y medidas de negligencia por parte del personal

12.2.3.2. Accidentes de trabajo

Se deberá tener especial precaución y tomar todos los recaudos necesarios para evitar cualquier tipo de accidente laboral. Esto permitiría disminuir los riesgos existentes, teniendo en cuenta los diversos aspectos constructivos, realizando una correcta elección de la tecnología, entre otros.

Considerando estas medidas, las posibilidades de que se presente algún tipo de accidente laboral, sin embargo, es de un impacto importante debido a que afecta al personal de la planta que es fundamental para el correcto funcionamiento del proceso.

El plan de contingencias diagramado propone las siguientes medidas:

Adoptar todas las normas de higiene y seguridad adaptables a este tipo de industrias.

Capacitar periódicamente acerca de estas normas.

Contar con los seguros pertinentes que contemplen la cobertura de los accidentes laborales.

Prever elementos de seguridad personal y promover su uso, señalizando las áreas donde se requiera.



12.2.4. RESUMEN

A modo de resumen, se presenta un cuadro donde se detalla la importancia, probabilidad de ocurrencia y magnitud de cada uno de los riesgos que se han analizado en este capítulo.

Aspectos	Riesgo	Importancia	Probabilidad	Magnitud	Mitigación
Tecnológicos	Falta de MP o insumos	Alta	Baja	Alta	Acuerdo con los proveedores - Aumento de stock
	Falla de maquinaria	Alta	Baja	Media	Plan de mantenimiento preventivo
	Falta de servicios	Alta	Baja	Alta	Fuentes alternativas
Económicos	Aumento de precios de MP	Media	Baja	Media	Acuerdos comerciales a largo plazo
	Baja de Ventas	Baja	Baja	Alta	Modificación del precio de venta
	Disminución precio de venta	Alta	Alta	Media	Reestructuración de costos
Siniestros e imprevistos	Incendios y explosiones	Alta	Baja	Alta	Sistemas hidrantes y de extintores
	Accidentes de trabajo	Alta	Baja	Media	Capacitación - EPP

Tabla 12.1 Resumen del análisis de riesgos del proyecto

Fuente: Elaboración propia

12.3. CONCLUSIÓN

En este capítulo se analizaron cualitativamente los distintos riesgos que se pueden presentar en el funcionamiento de una planta de producción de carbonato de litio. Para cada uno de estos riesgos observados se definió el plan de contingencias a ejecutar.

Los aspectos económicos son fundamentales en este caso, considerando que se está trazando un análisis de prefactibilidad. Y en algunos casos una variación en estos factores puede llevar a la viabilidad o no del proyecto. Es por esto que se analizará en mayor profundidad en el Capítulo 13 “Análisis de Sensibilidad”, se hará un análisis cuantitativo de algunos de estos factores.



13. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

13.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo que persigue este capítulo es analizar diferentes escenarios posibles y evaluar cómo responde el proyecto frente a éstos.

En el Capítulo 11 “Evaluación Económica del Proyecto”, se plantea una situación estable. Al sensibilizar ciertas variables, se puede ver la respuesta del proyecto a las variaciones y verificar en qué condiciones el proyecto seguirá siendo rentable.

Para llevar a cabo el análisis se utiliza el modelo Unidimensional de la sensibilización del VAN, en el cual se modifica únicamente un parámetro por vez. El principio fundamental de este modelo define a cada elemento del flujo de caja como el de más probable ocurrencia. Luego la sensibilización de una variable siempre se hará sobre la evaluación preliminar.

En este caso se plantea un cambio de escenario de carácter económico. Sin embargo, se pueden sensibilizar variables tales como localización, tamaño, etc. Este tipo de análisis no se lleva a cabo en este estudio de prefactibilidad por su dificultad de aplicación y porque los resultados que se podrían obtener exceden los objetivos de este proyecto.

13.2. PARÁMETROS PARA SENSIBILIZAR

La elección de los parámetros a sensibilizar resulta fundamental para el éxito de este análisis. Se buscan aquellos parámetros que tengan un significativo impacto en la viabilidad del proyecto, por sobre el rango esperado de variación.

Según lo analizado en la estructura de costos del proyecto, se elige analizar la variación del precio de venta y cómo impacta en la estructura económica presentada en el Capítulo 14, “Análisis Económico”, identificando hasta que valor de venta dejaría de ser un proyecto viable, ya que la disminución estará limitada por el mercado competidor, en este caso el mercado de extracción no convencional de litio.

Se analizan a continuación los dos indicadores económicos utilizados, VAN y TIR frente a la disminución de los precios de venta.



Variación %	Pv (U\$D/Tn)	VAN	TIR	r
0,0%	\$10.900,000	\$13.223.417,00	33,00%	19,9%
5,0%	\$10.355,000	\$4.156.934,00	24,00%	19,9%
7,27%	\$10.107,570	\$31.269,00	19,93%	19,9%
10,0%	\$9.810,000	-\$4.909.548,00	15,00%	19,9%

Tabla 13.1 Sensibilidad del proyecto frente a la variación del precio de venta de los productos
Fuente: Elaboración propia

Sensibilización VAN

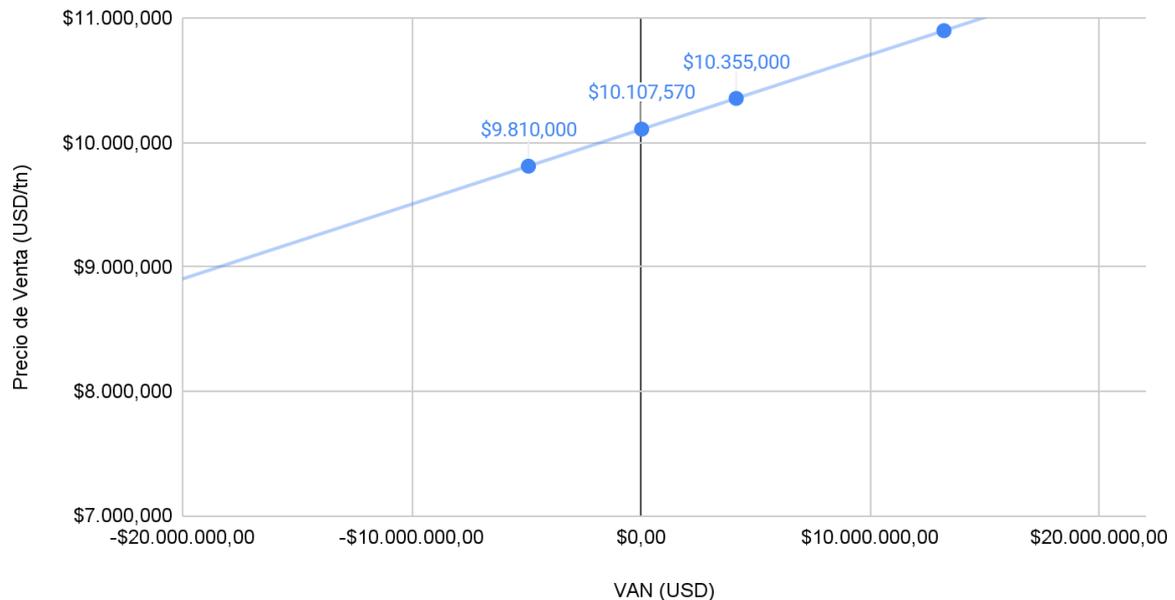


Figura 13.1. Variación del VAN con respecto a la variación del precio de venta
Fuente: Elaboración propia



Sensibilización TIR

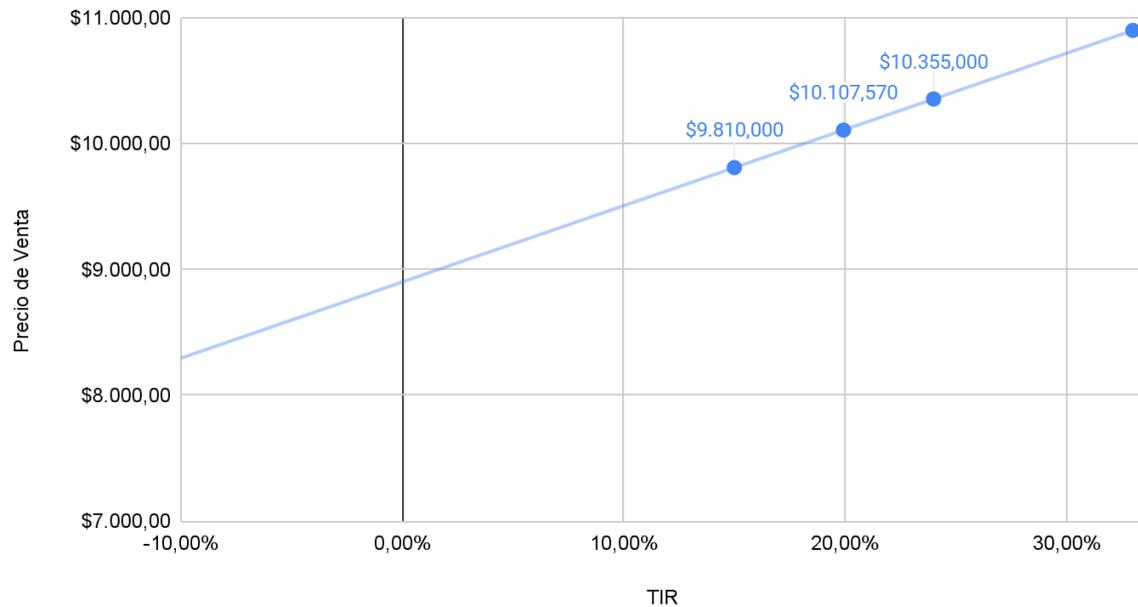


Figura 13.2. Variación de la TIR con respecto a la variación del precio de venta
Fuente: Elaboración propia

13.3. CONCLUSIÓN

Analizando la tabla y los gráficos anteriores puede concluirse que el proyecto presenta una sensibilidad del 7,27%, lo cual representa que el valor al que se debe disminuir el precio de los productos es de U\$D 10.107,57 sin generar pérdidas.

En este punto la tasa de retorno es igual a la tasa de descuento (19,9%), por lo que valores más bajos a este originan un VAN negativo y el proyecto dejaría de ser factible económicamente.



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



[Resolución GENERAL 5526/2024 | Argentina.gob.ar](https://www.argentina.gob.ar)
[Wayback Machine \(archive.org\)](https://web.archive.org)
[LEY IMPOSITIVA 6372 - 2024.cdr \(rentasjujuy.gob.ar\)](https://rentasjujuy.gob.ar)
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_estrategico_territorial_puna_juena_2015.pdf
D:\livecycle\tmp\pdfg-HMLGDEMSALCAFIP_\ab\718a-12a841-94f6c0-3c6f46-5bc491-f633dd\File.html
https://gruptefsa.com/filtro_de_banda_de_presion/06-Filtro%20de%20Banda%20de%20Presio%CC%81n.pdf
<https://www.yamit-f.com/wp-content/uploads/2018/04/F700-Yamit-Spanish-DS.pdf>
[extraccion-directa-litio.pdf - Google Drive](#)
<https://hcamineria.cl/wp-content/uploads/2023/02/Catalogo-Bombas-Grindex.pdf>
[FilmTec™ LiNE-XD Product Data Sheet \(dupont.com\)](#)
<https://www.lenntech.com/Data-sheets/Lenntech-LEN-B30-400-L.pdf>
https://www.gemina.es/files/catalogue/pdf/18_Evaporadores_circulacion_inversa.pdf
[Nanofiltración – Firessa](#)
[GMM-Pfaudler-DIN-BE-Reactors-624-9E.pdf \(gmpfaudler.com\)](https://gmm-pfaudler.com/DIN-Reactors-624-9E.pdf)
[DIN Reactors - GMM Pfaudler](#)
[Centenario-Ratones planta de litio \(eramet.com\)](https://eramet.com/Centenario-Ratones_planta_de_litio.pdf)
[Template \(eramet.com\)](#)
https://www.datocms-assets.com/53992/1698636645-olaroz-lithium-facility-ni-43-101-technical-report-feasibility-study_final.pdf
[1649845451-cauchari-pfs-final_nov-2019.pdf \(datocms-assets.com\)](https://www.datocms-assets.com/1649845451-cauchari-pfs-final_nov-2019.pdf)
[Advantage Lithium - NI 43-101 Technical Report on Cauchari JV brine deposit \(datocms-assets.com\)](#)
[wp-ctlithium-rebuild-2022.s3.eu-west-2.amazonaws.com/media/2023/10/CTL-Company-Presentation-October-2023-Final-16.10.23.pdf](https://www.amazonaws.com/media/2023/10/CTL-Company-Presentation-October-2023-Final-16.10.23.pdf)
<https://www.tecpetrol.com/es/litio>
[Kachi - Recursos lacustres \(lakeresources.com.au\)](https://lakeresources.com.au/Kachi_-_Recursos_lacustres.pdf)
[1652401832-2022-05-10-tech-reprt-olaroz.pdf \(datocms-assets.com\)](https://www.datocms-assets.com/1652401832-2022-05-10-tech-reprt-olaroz.pdf)
[Sal de Vida Lithium Brine Project NI 43-101 Technical Report Feasibility Study \(datocms-assets.com\)](#)
[Lithium Americas](#)
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/girsar_jujuy_-_14042020.pdf
https://www.mineriajujuy.gob.ar/site/legislacion_minera.php
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5c1c160a-557d-42d9-bfa8-929142d2fa21/content>
[Home - IRMA - The Initiative for Responsible Mining Assurance](#)
[Cómo la minería de litio está impulsando la revolución de los vehículos eléctricos | McKinsey](#)
[Características hidrogeológicas de los salares en la Puna Argentina](#)
<https://sigam.segemar.gov.ar/wordpress>
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/litio_y_su_potencial_para_el_desarrollo_mineiro_argentino_vf_2021-1.pdf
DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel
Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/noviembre_2023_-_litio_como_vector_de_desarrollo_sostenible.pdf
http://centrougarte.unla.edu.ar/geopolitica-de-recursos-estrategicos/litio_mapa-del-litio-argentina.pdf
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf>
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-lithium-demand-in-the-net-zero-scenario-2023-2040>
[CAEM-Potencial-Desarrollo-Minero-Argentino.pdf](#)
[Informes – CAEM](#)
[Presentación de PowerPoint \(argentina.gob.ar\)](#)
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/portfolio_lithium_2024.pdf
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/catalogo_de_proyectos_avanzados_de_litio-espanol.pdf
[Actualización de los recursos informados de litio en salmueras en la República Argentina.pdf \(segemar.gov.ar\)](#)
<https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/como-es-el-1-informe-litio-2021-demanda-mundial>
[tablero global del litio - Gobierno Arg](#)
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419275/Perfil_Litio_2018_T_.pdf
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_sectorial_litio_2024-2.pdf
[Mercado del Litio - Proyecciones al 2035 - actualizacion mayo 2023 06.06.2023 con RPI rev CRL \(002\).pdf \(cochilco.cl\)](#)
[Informe sectorial Litio 2024 \(argentina.gob.ar\)](#)
[What Is Direct Lithium Extraction? - Lithium Harvest](#)
[Produced Water Treatment | Waste-To-Value - Lithium Harvest](#)
[A Look At Direct Lithium Extraction \(“DLE”\) And Some Of The DLE Lithium Companies | Seeking Alpha](#)
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/210264/CONICET_Digital_Nro.1c25b517-a4d2-4e4b-b3a8-e41ba211ea61_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y
[DLE: cómo es la técnica de extracción directa de litio en salares – Litio Argentina](#)
[Extracción directa de litio - Cleantech Lithium \(chile\)](#)
https://cienciahoy.org.ar/wp-content/uploads/CH-180_BAJA_Nuevos-me%CC%81todos-de-extraccio%CC%81n-directa-de-litio.pdf
[CONICET_Digital_Nro.692424d1-2712-4830-bed6-8828d736ba27_A.pdf](#)
[estudio-y-evaluacion-de-metodos-electroquimicos-para-la-recuperacion-de-litio.pdf \(uchile.cl\)](#)
<https://youtu.be/wVVCw790OZQ>
<https://ctlithium.com/es/lithium/dle-vs-hardrock-vs-evaporation/>
https://litioargentina.com/seccion/que-es-el-litio/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=iprospect_litio-argentina_2023_ao_litio&utm_content=kws&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw88yxBhBWEiw
DIAZ, María Giuliana - MONTECINO, Micaela - RAMOS, Claudio Ariel
Año 2024



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
“Extracción de Litio de forma no convencional a partir de
Nanofiltración”



[A7cm6pYNLNMKhVZLklzyHJAG8EX0RiAjwIkOinT4bChYnhRldLqDJJmCuWxoCFVoQAvD_BwE](#)

<https://www.infobae.com/economia/2023/04/12/fiebre-del-litio-como-se-produce-el-oro-blanco-de-la-puna-jujuna-que-cotiza-a-mas-de-usd-50000-la-tonelada/>

<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/bid-litio-final.pdf>

<https://livent.com/es/careers/>

<https://www.zijinmining.com/join/join-us.htm>

Planta de producción de EXAR

https://www.ganfenglithium.com/career2_en.html

<http://www.poscoargentina.com/rrhh>

Tolillar Project NI 43-101 Technical Report PEA (alphalithium.com)

[2023-04-30-Technical-Report.pdf \(q4cdn.com\)](2023-04-30-Technical-Report.pdf(q4cdn.com))

Comienza a producir carbonato de litio el mes próximo el proyecto de la francesa Eramine en el salar Centenario-Ratones en Salta • econojournal.com.ar

Energías Renovables Derivadas del Aprovechamiento de Aguas, Vientos y Biomasa (ancefn.org.ar)

EnergyX y la exploración por nuevas tecnologías para la producción de litio - Panorama Minero (panorama-minero.com)

<https://youtu.be/m91P-R3kxOs>

Direct Lithium Extraction and Refinery Technology - EnergyX

<https://www.losquesevan.com/avance-sobre-reglamentacion-de-areas-naturales-protegidas-en-la-provincia-de-jujuy.661c>

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/eias_catua_permer.pdf

<https://www.datocms-assets.com/53992/1635466306-190424techreportorocobreni-43-101cauchari-project.pdf>

Molino micronizador MMS - Lleal S.A.U. <https://es.pureaqua.com/sistemas-osmosis-inversa-industrial-para-desalinizar-agua-de-mar/>