

UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA

Facultad de Ingeniería y Gestión



**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN
DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE CARBONATO DE
LITIO EN MACUSANI, PUNO**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniera Industrial

Presentan las bachilleres:

CINTHYA YANET UCHARIMA HUARCAYA

THALIA MARIBEL ZAPANA NEIRA

Presidente: Manuel Enrique Briceño Sanchez

Asesor: Jorge Luis Wam Baltodano

Lector: Josué Gabriel Anca Ccopa

Lima-Perú

Septiembre del 2024



UARM

Universidad
Antonio Ruiz
de Montoya

Anexo N.º 3 - Reglamento General de Grados y Títulos de Pregrado y Posgrado
Aprobado por Resolución Rectoral N° 150-2023-UARM-R

INFORME DE ORIGINALIDAD

Sres.

CONSEJEROS

Pte.

De nuestra consideración:

Por la presente nos dirigimos a ustedes para saludarlos e informar al Consejo Universitario sobre el producto académico elaborado por UCHARIMA HUARCAYA Cinthya Yanet y ZAPANA NEIRA Thalia Maribel, quienes solicitan la obtención de su título profesional a través de la sustentación de una tesis.

El producto académico elaborado tiene como título "Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de carbonato de litio en Macusani, Puno".

Por tanto, en nuestra condición de Asesor de producto académico y de integrante de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Gestión respectivamente, declaramos que el producto académico de UCHARIMA HUARCAYA Cinthya Yanet y ZAPANA NEIRA Thalia Maribel, ha sido examinado con el programa antiplagio *Turnitin* para identificar su nivel de coincidencias.

El resultado que arroja el programa es de 16% de similitud, el cual proviene de fuentes de información que han sido debidamente citadas o reconocidas utilizando las normas del sistema APA.

Sin otro particular, quedo de ustedes.

Firmado en Lima, el 30 del mes de enero del 2025

Atentamente,

Jorge Luis Wam Baltodano
Asesor



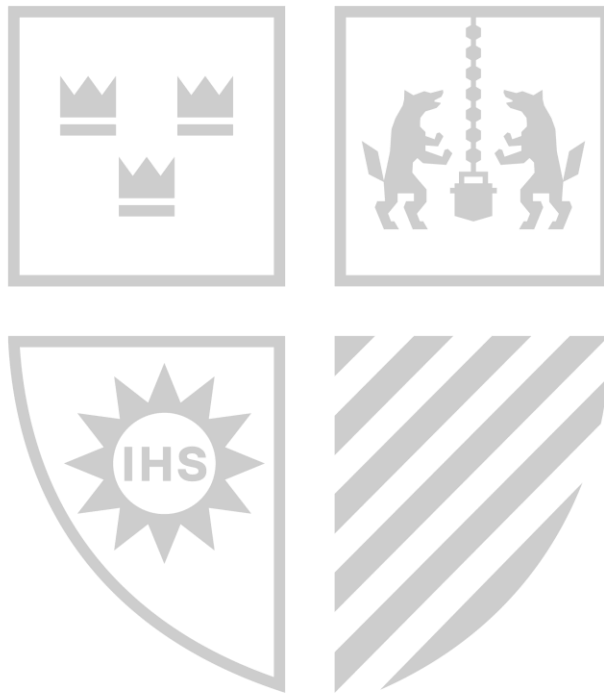
Bernardo Leonardo Meza Guzmán
Presidente
Comisión de Grados y Títulos
Facultad de Ingeniería y Gestión

*Conforme a lo establecido en el documento de identidad

EPÍGRAFE

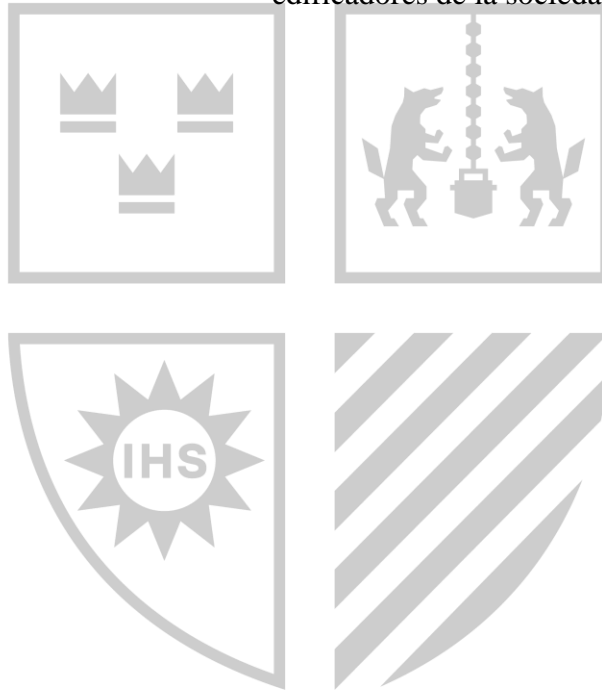
'El conocimiento no es una vasija que se llena, sino un fuego que se enciende'

Plutarco



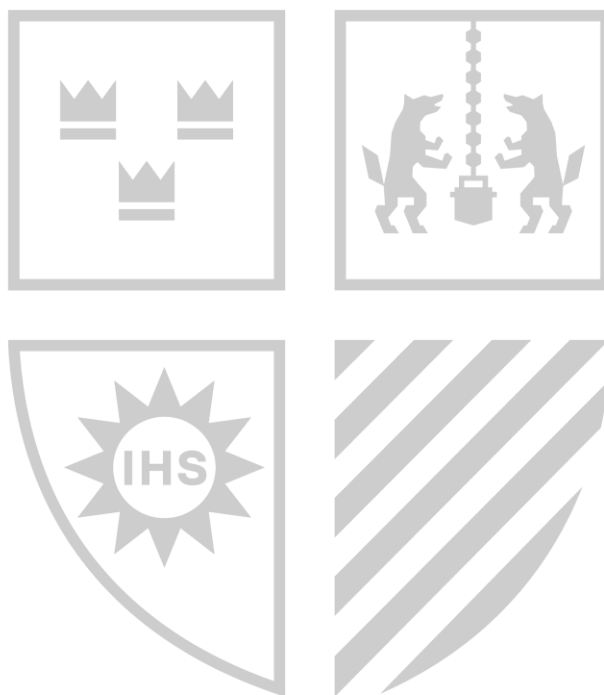
DEDICATORIA

Dedicamos de manera especial nuestra tesis a nuestros padres, por su constante apoyo y motivación para lograr nuestros objetivos trazados. A nuestros maestros, que cada día se esfuerzan por impartir conocimientos, ellos son edificadores de la sociedad.



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros queridos padres por su apoyo incondicional en nuestra formación académica. Asimismo, a nuestros profesores que se han esforzado por impartir sus conocimientos.



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal demostrar la prefactibilidad para la instalación de una planta productora de carbonato de litio en Macusani, Puno. En el proyecto se identificó una demanda potencial insatisfecha de carbonato de litio por más de 5 mil toneladas anuales y con significativo déficit a partir del 2025. La capacidad instalada de la planta fue de 25 toneladas anuales de carbonato de litio con un terreno que abarca los 7636 m². Además, se conoció que el proyecto debe priorizar los siguientes aspectos socioambientales: emisiones gaseosas; generación de polvo; emisiones atmosféricas de sustancias tóxicas e impacto en la salud humana. Finalmente, en la evaluación económica financiera se concluyó que el proyecto es viable a nivel de prefactibilidad dado que los indicadores financieros fueron favorables. De este modo, con un COK de 35% y WACC de 16.7% el VAN financiero fue de USD 193,646,445.72 con una TIR de 75% y un beneficio/costo de USD 4.74. El periodo de recuperación fue de 4 años.

Palabras clave: Estudio de prefactibilidad, carbonato de litio, planta productora, estudio técnico, estudio económico financiero

ABSTRACT

The present research aimed to demonstrate the pre-feasibility for the installation of a lithium carbonate production plant in Macusani, Puno. In the project identified a potential demand for lithium carbonate of more than 5,000 tons annually was identified, with a significant deficit starting from 2025. The installed capacity of the plant was 25 tons of lithium carbonate annually, covering an area of 7,636 m². Additionally, it was known that the project should prioritize the following socio-environmental aspects: gaseous emissions; dust generation; atmospheric emissions of toxic substances; and impact on human health. Finally, in the economic and financial evaluation, it was concluded that the project is viable at the pre-feasibility level since the financial indicators were favorable. Thus, with a COK (Cost of Capital) of 35% and a WACC (Weighted Average Cost of Capital) of 16.7%, the financial NPV (Net Present Value) was USD 193,646,445.72 with an IRR (Internal Rate of Return) of 75% and a benefit/cost ratio of USD 4.74. The payback period was 4 years.

Key words: Pre-feasibility study, lithium carbonate, production plant, technical study, economic and financial study.

TABLA DE CONTENIDO

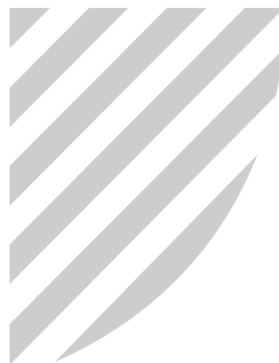
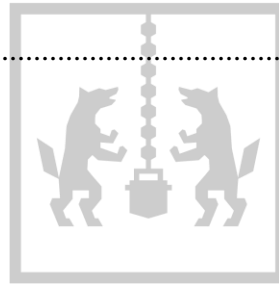
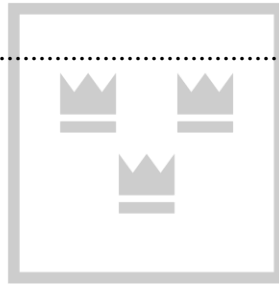
EPÍGRAFE	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
TABLA DE CONTENIDO	8
ÍNDICE DE TABLAS	13
ÍNDICE DE FIGURAS	17
INTRODUCCIÓN.....	19
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO.....	21
1.1 Planteamiento del Problema.....	21
1.2 Formulación del problema	23
1.3 Objetivos de la investigación	23
1.3.1. Objetivo general	23
1.3.2. Objetivo específico	23
1.4 Justificación de la investigación.....	23
1.4.1 Justificación teórica	23
1.4.2 Justificación práctica	24
1.4.3 Justificación social.....	24
1.4.4 Justificación técnica.....	24
1.5 Alcance de la investigación.....	25
1.6 Viabilidad del estudio	25

CAPÍTULO II: BASES TEÓRICAS	26
2.1 Estado del arte	26
2.1.1 Internacional	26
2.1.2 Nacional.....	29
2.2 Marco Teórico	29
CAPÍTULO III: ANÁLISIS ESTRATÉGICO	32
3.1 Análisis del Macro ambiente.....	32
3.1.1 Entorno Económico	32
3.1.2 Entorno Demográfico	33
3.1.3 Entorno Social – Cultural	35
3.1.4 Entorno Político – Legal.....	35
3.1.5 Entorno Tecnológico	36
3.2 Análisis del Micro ambiente	36
3.2.1 Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter	36
3.2.2 Cadena de valor	38
3.3 Análisis Estratégico.....	39
3.3.1 Misión	39
3.3.2 Visión.....	39
3.3.3 Análisis FODA	39
3.3.4 Objetivo Organizacional	43
3.3.5 Estrategias Genéricas	44
CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE MERCADO	45
4.1 Aspectos metodológicos.....	45
4.1.1 Diseño de investigación	45
4.1.2 Tipo de investigación	45
4.1.3 Instrumentos	45
4.1.4 Hipótesis.....	47

4.1.5	Diseño del instrumento para la recolección de información	47
4.2	El Producto.....	48
4.3	Mercado objetivo	50
4.4	Análisis de la demanda.....	52
4.4.1.	Estimación de la demanda (para coches eléctricos)	52
4.4.2.	Demanda proyectada	53
4.5.	Análisis de la oferta.....	54
4.5.1	Producción Internacional.....	54
4.5.2	Oferta proyectada	56
4.6.	Demanda potencial insatisfecha.....	58
4.6.1.	Demanda del proyecto.....	59
4.7	Estrategia Comercial	59
4.7.1	Precio.....	59
4.7.2	Promoción.....	61
4.7.3	Distribución	63
CAPÍTULO V. ESTUDIO TÉCNICO		64
5.1	Localización	64
5.1.1	Macro Localización.....	64
5.1.2	Micro Localización.....	66
5.2	Tamaño de planta	67
5.3	Ingeniería del Proyecto	68
5.3.1	Descripción del proceso	68
5.3.2	Características físicas	75
5.3.3.	Requerimientos del proceso	98
5.3.4.	Requerimientos de mano de obra	101
5.3.5	Estudio de control de calidad	103
5.3.5	Estudio de seguridad industrial	105

5.3.6 Evaluación de impactos ambientales y sociales	106
5.3.7 Cronograma del proyecto	113
CAPÍTULO VI. ESTUDIO ORGANIZACIONAL Y DE ASPECTOS LEGALES ...	114
6.1 Estudio organizacional	114
6.1.1 Perfil organizacional.....	114
6.1.2 Estructura Organizativa	114
6.1.3 Elaboración de perfil de funciones claves	115
6.1.4 Diseño de cargos y funciones principales	117
6.1.5 Evaluación y necesidades de recursos humanos	119
6.2 Estudio legal.....	121
6.2.1. Forma jurídica de la empresa (tipo de sociedad).....	121
6.2.2. Constitución legal de la organización.....	122
6.2.3. Registro de marca en INDECOPI.....	123
6.2.4. Obligaciones fiscales	124
6.2.5. Permisos y aprobaciones regulatorias	126
6.2.6. Marco normativo del ámbito laboral	126
6.2.7. Asignación presupuestaria para aspectos legales	129
CAPÍTULO VII. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO.....	130
7.1 Inversiones	130
7.1.1 Inversión en activos fijos.....	130
7.1.2 Inversión en activos intangibles	133
7.1.3 Costos de pre operación o arranque de planta	134
7.1.4. Capital de trabajo.....	135
7.2 Resumen de inversiones.....	136
7.3 Financiamiento	136
7.4 Presupuesto	137
7.4.1 Presupuesto de ingresos.....	137

7.4.2 Presupuesto de egresos	138
7.5 Punto de equilibrio	145
7.6 Estado de Ganancias y Pérdidas.....	153
7.7 Flujo de Caja	155
7.8 Indicadores de rentabilidad	157
7.9 Análisis de sensibilidad.....	160
CONCLUSIONES	164
RECOMENDACIONES.....	166
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168
ANEXOS	175



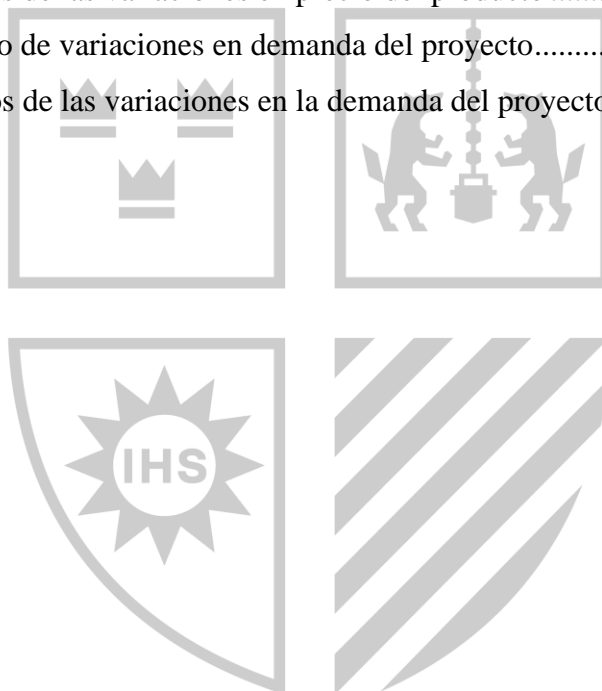
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Cantidad de consumo de carbonato de litio por tipo de batería.....	30
Tabla 2	Población total proyectada para Puno y Macusani	34
Tabla 3	Calificación de factores internos.....	40
Tabla 4	Matriz EFI del proyecto	40
Tabla 5	Matriz EFE del proyecto.....	41
Tabla 6	Cuadro de Matriz FODA del proyecto	42
Tabla 7	Ficha técnica del producto	50
Tabla 8	Demanda proyectada de carbonato de litio (miles de tonelada) para vehículos eléctricos	53
Tabla 9	Fuentes de litio a nivel global	54
Tabla 10	Principales países productores de litio 2012 y 2022.....	55
Tabla 11	Proyección de la oferta de carbonato de litio grado batería (para vehículos eléctricos).....	57
Tabla 12	Demanda potencial insatisfecha de mercado	58
Tabla 13	Cálculo de la demanda del proyecto	59
Tabla 14	Data histórica del precio de carbonato de litio grado batería	61
Tabla 15	Proyección de precios para el proyecto	61
Tabla 16	Costos anuales en promoción y publicidad.....	62
Tabla 17	Calificación de factores para la micro localización	66
Tabla 18	Inversión en maquinaria y equipos área producción	75
Tabla 19	Especificaciones de maquinaria y equipos del área de producción	76
Tabla 20	Inversión en máquinas y equipos para área administrativa	82
Tabla 21	Inversión en equipamiento del área de control de calidad.....	82
Tabla 22	Inversión en equipamiento del área de servicios higiénicos y comedor.....	83
Tabla 23	Inversión en equipamiento del área de productos terminados	85
Tabla 24	Consumo diario y semanal de insumos químicos principales del proceso	85
Tabla 25	Inversión en el equipamiento del almacén de insumos químicos.....	86

Tabla 26	Inversión en el equipamiento del área de vestidores	86
Tabla 27	Inversión en el área de mantenimiento	87
Tabla 28	Inversión en el área de manejo de residuos peligrosos y no peligrosos	87
Tabla 29	Espacio calculado para el área de producción	88
Tabla 30	Espacio calculado para el área de administración.....	88
Tabla 31	Espacio calculado para el área de control de calidad.....	89
Tabla 32	Espacio calculado para el área de servicios y comedor	89
Tabla 33	Espacio calculado para el área almacén de productos terminados	89
Tabla 34	Espacio calculado para el área de almacén de insumos químicos	90
Tabla 35	Espacio calculado para el área de mantenimiento	90
Tabla 36	Espacio calculado para el área de manejo de residuos	90
Tabla 37	Espacio calculado para el área de vestidores	91
Tabla 38	Espacio calculado del área de carga y descarga	91
Tabla 39	Resumen del dimensionamiento del espacio requerido por áreas	91
Tabla 40	Grado de proximidad para la distribución	92
Tabla 41	Motivos de las interrelaciones entre áreas	92
Tabla 42	Hoja de trabajo de relaciones de actividades	93
Tabla 43	Cantidad de materia prima para una producción de capacidad completa.....	99
Tabla 44	Cálculo del consumo y costo aproximado de energía eléctrica en la planta...	99
Tabla 45	Cantidad de insumos químicos principales requeridos diariamente.....	100
Tabla 46	Requerimiento y costo anual de equipos de seguridad industrial.....	100
Tabla 47	Resumen de requerimientos y costos de insumos principales	101
Tabla 48	Mano de obra requerida	101
Tabla 49	Distribución de cantidad de operarios de producción.....	102
Tabla 50	Criterios de evaluación del método CONESA	107
Tabla 51	Código color y la interpretación de niveles de importancia	108
Tabla 52	Matriz Conesa para evaluación de impacto ambiental y social	109
Tabla 53	Diseño de perfil de funciones claves	115
Tabla 54	Diseño de cargos y funciones principales.....	117
Tabla 55	Requerimiento y clasificación de personal	119
Tabla 56	Presupuesto anual de remuneraciones del personal de la empresa.....	120
Tabla 57	Inversión en servicios de limpieza, seguridad y manejo de residuos	121
Tabla 58	Reglas generales en el marco normativo laboral	127
Tabla 59	Beneficios de los empleados en régimen general	127

Tabla 60	Horarios laborales para el presente proyecto	128
Tabla 61	Asignación presupuestaria para aspectos legales.....	129
Tabla 62	Inversión en el terreno de planta.....	130
Tabla 63	Inversión en maquinaria y equipos	130
Tabla 64	Inversión en la construcción e instalación de la planta.....	132
Tabla 65	Inversión en mobiliario y herramientas del proyecto	132
Tabla 66	Cuadro resumen de las inversiones en activos fijos	133
Tabla 67	Inversión en activos intangibles.....	133
Tabla 68	Inversión en pre operación de la planta	134
Tabla 69	Cálculo de capital de trabajo mediante déficit máximo acumulado	135
Tabla 70	Cuadro resumen del total de inversión	136
Tabla 71	Comparación de tasas activas anuales en moneda extranjera.....	136
Tabla 72	Estructura de capital del proyecto.....	137
Tabla 73	Cronograma de cuotas del financiamiento.....	137
Tabla 74	Presupuesto de ingresos	138
Tabla 75	Presupuesto de egresos de materia prima	138
Tabla 76	Presupuestos de egresos en mano de obra directa	138
Tabla 77	Presupuesto de egresos en costos indirectos de fábrica.....	140
Tabla 78	Presupuesto de egresos en gastos de administración.....	141
Tabla 79	Presupuesto de egresos en gastos de ventas.....	142
Tabla 80	Tasa de depreciación y amortización de activos.....	142
Tabla 81	Depreciación y valor residual de los activos	143
Tabla 82	Amortización de los activos intangibles	144
Tabla 83	Resumen de egresos con y sin financiamiento externo	144
Tabla 84	Clasificación de los costos fijos.....	145
Tabla 85	Clasificación de los costos variables	146
Tabla 86	Cálculo del punto de equilibrio y costos de producción unitario anual.....	147
Tabla 87	Costos e ingresos totales del año 1	147
Tabla 88	Costos e ingresos totales del año 2	148
Tabla 89	Costos e ingresos totales del año 3	149
Tabla 90	Costos e ingresos totales del año 4	150
Tabla 91	Costos e ingresos totales del año 5	151
Tabla 92	Estado de resultados sin financiamiento externo.....	153
Tabla 93	Estado de resultados con financiamiento externo.....	154

Tabla 94	Flujo de caja operativo del proyecto.....	155
Tabla 95	Flujo de caja de capital del proyecto	156
Tabla 96	Flujo de caja financiero.....	156
Tabla 97	Resumen flujos de caja del proyecto	157
Tabla 98	Cálculo del WACC del proyecto	158
Tabla 99	Indicadores de rentabilidad del proyecto	158
Tabla 100	Periodo de recuperación.....	159
Tabla 101	Escenario de variación en costos indirectos de fabricación (CIF).....	161
Tabla 102	Hallazgos de las variaciones en CIF	161
Tabla 103	Escenario de variación en precio del producto	162
Tabla 104	Hallazgos de las variaciones en precio del producto	162
Tabla 105	Escenario de variaciones en demanda del proyecto.....	162
Tabla 106	Hallazgos de las variaciones en la demanda del proyecto.....	163



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Variación porcentual anual del PBI Real de Perú	33
Figura 2	Reporte demográfico empresarial de Carabaya al 2021	34
Figura 3	Ranking de los principales productores de litio a nivel mundial en 2022 (Toneladas métricas).....	37
Figura 4	Cadena de valor de la planta de carbonato de litio.....	38
Figura 5	Cruce de las matrices EFI Y EFE del proyecto	42
Figura 6	Distribución del consumo de litio para distintos usos al 2016.....	49
Figura 7	Imagen referencial del producto carbonato de litio grado batería.....	49
Figura 8	Cuota de mercado global de los fabricantes de baterías de iones de litio 2022	51
Figura 9	Demanda mundial de batería, por aplicación, entre 2018 y 2030 (En gigavatios hora)	52
Figura 10	Demanda de litio (miles de toneladas) por tipo de vehículo eléctrico	53
Figura 11	Crecimiento de producción mundial de litio del 2012 al 2022	55
Figura 12	Producción mina de litio por composición química, 2022.....	56
Figura 13	Proyección de oferta de carbonato de litio a nivel mundial	57
Figura 14	Balance de oferta y demanda de carbonato de litio para vehículos eléctricos	58
Figura 15	Evolución del precio de carbonato de litio grado batería (yuanes/tonelada) 60	
Figura 16	Mapa de ubicación geográfica del departamento de Puno en Perú.....	65
Figura 17	Ubicación geográfica de Macusani	67
Figura 18	Diagrama de flujo del proceso de refinación de carbonato de litio.....	71
Figura 19	Diagrama de flujo de procesos del proyecto	72
Figura 20	Diagrama de operaciones del proceso (DOP)	73
Figura 21	Imagen referencial de montacarga	83
Figura 22	Diseño referencial de pallet de almacenamiento.....	84
Figura 23	Imagen referencial de racks de almacén de PT	84

Figura 24	Tabla relacional de actividades	93
Figura 25	Diagrama de relaciones entre áreas	94
Figura 26	Diseño de plano de bloques de la planta	95
Figura 27	Diseño de layout de planta en una escala 1:150.....	96
Figura 28	Planta refinadora de carbonato de litio imagen referencial.....	97
Figura 29	Rangos para el cálculo de la importancia ambiental	108
Figura 30	Cronograma del proyecto	113
Figura 31	Organigrama de la empresa.....	115
Figura 32	Gráfico de punto de equilibrio año 1.....	148
Figura 33	Gráfico de punto de equilibrio año 2.....	149
Figura 34	Gráfico de punto de equilibrio año 3.....	150
Figura 35	Gráfico de punto de equilibrio año 4.....	151
Figura 36	Gráfico de punto de equilibrio año 5.....	152

