Maestría en

ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

Tesis previa a la obtención de título de Magister en Administración de Empresas

AUTORES:

Ing. Miguel Ángel Franco Bonilla

Ing. María José Gonzales Arriaga

Ing. Mauricio Ramiro Suárez Jiménez

Ing. Sonia Guadalupe Yalamá Ubidia

Ing. Anthony Alejandro Farias Aimacaña

TUTOR: José Francisco Garrido Casas

Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular

PROYECTO DE TITULACIÓN – FIN DE MÁSTER

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESA ENL

Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular

Por

Ing. Miguel Ángel Franco Bonilla

Ing. María José Gonzales Arriaga

Ing. Mauricio Ramiro Suárez Jiménez

Ing. Sonia Guadalupe Yalamá Ubidia

Ing. Anthony Alejandro Farias Aimacaña

Julio 2026

Aprobado



Cristian Melo
Presidente(a) del Tribunal
Universidad Internacional del Ecuador

Cristian Melo

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional del Ecuador

Yo, Cristian Javier Melo González e Ignacio Maroto, declaramos que, personalmente conocemos que los graduandos: Ing. Franco Bonilla Miguel Ángel, Ing. Gonzales Arriaga María José, Ing. Suárez Jiménez Mauricio Ramiro, Ing. Yalamá Ubidia Sonia Guadalupe, Farias Aimacaña Anthony Alejandro son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal de ellos.



Cristian Melo

Coordinador MBA UIDE



Ignacio Maroto

Provost WBS

Autoría del Trabajo de Titulación

Nosotros, Ing. Franco Bonilla Miguel Ángel, Ing. Gonzales Arriaga María José, Ing. Suárez Jiménez Mauricio Ramiro, Ing. Yalamá Ubidia Sonia Guadalupe, Farias Aimacaña Anthony Alejandro, declaramos bajo juramento que el trabajo de titulación titulado Propuesta Proyecto Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular es de nuestra autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, habiéndose citado las fuentes correspondientes y respetando las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



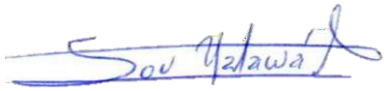
Ing. Franco Bonilla Miguel Ángel
mfranco240593@gmail.com



Ing. Gonzales Arriaga María José
majitop_gonzales95@hotmail.com



Ing. Suárez Jiménez Mauricio Ramiro
ramiromsuarez@hotmail.com



Ing. Yalamá Ubidia Sonia Guadalupe
soniayalama_1504@hotmail.com



Farias Aimacaña Anthony Alejandro
anthonyfarias489@gmail.com

Autorización de Derechos de Propiedad Intelectual

Nosotros, Ing. Franco Bonilla Miguel Ángel, Ing. Gonzales Arriaga María José, Ing. Suárez Jiménez Mauricio Ramiro, Yalamá Ubidia Sonia Guadalupe, Farias Aimacaña Anthony Alejandro, en calidad de autores del trabajo de investigación titulado Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular, autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) para hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autor me corresponden, lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento en Ecuador.

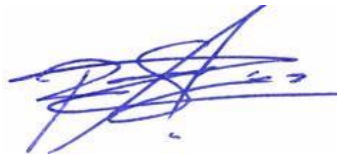
D. M. Quito, julio de 2026



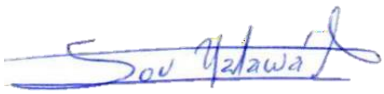
Ing. Franco Bonilla Miguel Ángel
mfranco240593@gmail.com



Ing. Gonzales Arriaga María José
majitop_gonzales95@hotmail.com



Ing. Suárez Jiménez Mauricio Ramiro
ramiromsuarez@hotmail.com



Ing. Yalamá Ubidia Sonia Guadalupe
soniayalama_1504@hotmail.com



Farias Aimacaña Anthony Alejandro
anthonyfarias489@gmail.com

Índice

Capítulo 1 Introducción y objeto del proyecto 22
1.1 Propuesta de proyecto 22
1.2 Identificación del estudiante/s y programa que cursa 22
1.3 Definición del proyecto 22
1.3.1 Nombre del proyecto: 22
1.3.2 Objetivo del proyecto: 22
1.3.3 Descripción breve del objetivo y problemas que resolvería la puesta en marcha de este proyecto 23
1.4 Definición de la empresa o negocio 25
1.4.1 Nombre de la empresa: Lunara Andina S.A. 25
1.4.2 Misión y visión de la empresa 25
1.5 Procesos, organización y cifras del negocio 26
1.5.1 Procesos 26
1.5.2 Organización 26
1.5.3 Cifras del negocio 27
1.6 Vinculación con la empresa, fuentes de información y nivel de conocimiento 28
1.6.1 Vinculación con la empresa 28
1.6.2 Fuentes de información y nivel de conocimiento 29
1.6.3 Otras informaciones 29
1.7 ejemplos Cascada y Ágil (investigación) Introducción, contexto y metodología del estudio 29
1.7.1 Gestión en cascada 30
1.7.2 Gestión Ágil Basada en el Valor 30
1.8 Caso 1: Proyecto gestionado con enfoque en cascada 31
1.9 Proyecto Implementación de redes 3G y 4G con metodología en cascada 31
1.9.1 Introducción 31
1.9.2 Objetivos 32
1.9.3 Objetivo General 32
1.9.4 Objetivo Específicos 32

1.9.5 Metodología utilizada dentro del proyecto de Implementación redes 3G y 4G/LTE.. 33
1.9.6 Fases aplicadas 33
1.9.7 Resultados Obtenidos 34
1.9.8 Evaluación de calidad 35
1.9.9 Cumplimiento del tiempo 36
1.9.10 Satisfacción del cliente 36
1.10 Caso 2: Proyecto gestionado con enfoque ágil basado en valor Transformación ágil en Bosch mediante el enfoque Agile y Scrum 37
1.10.1 Introducción 37
1.10.2 Contexto del proyecto 37
1.10.3 Objetivo del proyecto 38
1.10.4 Metodología aplicada 38
1.10.5 Entregas de valor 39
1.10.6 Resultados obtenidos 39
1.10.7 Calidad 39
1.10.8 Cumplimiento del tiempo 40
1.10.9 Satisfacción del cliente 40
1.10.10 Relación con el proyecto de Lunara Andina S.A. 41
1.10.11 Comparación y Contraste entre gestión en cascada y gestión ágil basada en valor 41
1.10.12 Análisis comparativo de calidad, tiempo y satisfacción del cliente 43
1.10.13 Aplicación al proyecto del grupo: Lunara Andina S.A. 44
1.10.14 Enfoque recomendado para Lunara Andina S.A. 45
1.11 Conclusiones Generales 46
1.12 Ejercicio conceptos ágiles (lean) 47
Capítulo 2 Planificación inicial del proyecto 48
2.1 Introducción 48
2.2 Objetivo General 50
2.2.1 Objetivos específicos 50
2.3 Datos claves 51
2.3.1 Espacio liberado dentro de la planta 52
2.3.2 Cumplimiento ambiental 52
2.3.3 Tiempo de retiro y procesamiento del residuo 52
2.3.4 Indicadores económicos del proyecto 53

2.3.5 Nivel de satisfacción de las áreas involucradas....53
2.3.6 Uso de la información....53
2.4 Alcance del Proyecto....53
2.4.1 Definición del alcance del proyecto....53
2.4.2 Límites del alcance....54
2.4.3 Entregables principales del proyecto....56
2.4.4 Criterios de aceptación....57
2.5 Metodología de Gestión de Proyectos....58
2.6 Cronograma Inicial....60
2.7 Presupuesto Inicial....61
2.7.1 Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular 61
2.7.2 Alcance presupuestario de la prueba piloto....61
2.7.3 Supuestos para la estimación....62
2.7.4 Presupuesto estimado....62
2.7.5 Comparación económica del costo directo....63
2.7.6 Recursos humanos y materiales....64
2.7.7 Control del presupuesto y gestión de cambios....64
2.7.8 Criterios de aceptación financiera y operativa....65
2.7.9 Conclusión del presupuesto inicial....65
2.8 Conclusiones Generales....66
Capítulo 3 Plan del proyecto integral....66
3.1 Introducción....66
3.2 Plan de Proyecto Integral....68
3.2.1 Breve descripción del Proyecto seleccionado. 68
3.2.2 Propósito del plan de Proyecto....69
3.3 Enunciado del Alcance....70
3.3.1 Descripción detallada de los objetivos, entregables y limitaciones del proyecto....70
3.3.2 Identificación de los stakeholders clave y sus expectativas....72
3.4 Datos claves....73
3.4.1 Volumen mensual de residuo de celulosa generado (toneladas)....73
3.4.2 Costo de gestión del residuo por tonelada....73
3.4.3 Toneladas valorizadas....74

3.4.4 Espacio liberado dentro de la planta 74
3.4.5 Cumplimiento ambiental 74
3.4.6 Tiempo de retiro y procesamiento del residuo 74
3.4.7 Indicadores económicos del proyecto 75
3.4.8 Nivel de satisfacción de las áreas involucradas 75
3.4.9 Uso de la información 75
3.4.10 Estructura de Descomposición del Trabajo (WBS) 75
3.5 Alcance del Proyecto 77
3.5.1 Definición del alcance del proyecto 77
3.5.2 Límites del alcance 78
3.5.3 Entregables principales del proyecto 80
3.5.4 Criterios de aceptación 81
3.5.5 Cronograma del Proyecto 82
3.5.6 Cronograma detallado 83
3.5.7 Gestión de proyecto 83
3.5.8 Diagnóstico del Proceso actual 83
3.5.9 Selección del gestor ambiental 84
3.5.10 Implementación del proyecto piloto 85
3.5.11 Seguimiento y control 85
3.5.12 Cierre del Proyecto 86
3.5.13 Distribución semanal del Cronograma 87
3.5.14 Diagrama de Gantt resumido 87
3.5.15 Hitos y Fechas Clave 88
3.6 Metodología de Gestión de Proyectos 88
3.6.1 Asignación de Recursos 90
3.7 Cronograma Inicial 95
3.7.1 Cronograma tipo Gantt 97
....97
3.7.2 Identificación del Riesgo 97
3.7.3 Diagrama de Pareto 98
3.7.4 Flujograma - Procesos de gestión de cambios 108
3.8 Presupuesto Inicial 111

3.8.1 Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular 111
3.8.2 Alcance presupuestario de la prueba piloto 111
3.8.3 Supuestos para la estimación 112
3.8.4 Presupuesto estimado 112
3.8.5 Comparación económica del costo directo 113
3.8.6 Recursos humanos y materiales 114
3.8.7 Criterios de aceptación financiera y operativa 115
3.8.8 Conclusión del presupuesto inicial 115
3.8.9 Plan de Seguimiento y Control 116
3.8.10 Estructura de Seguimiento 117
3.8.11 Métricas de Rendimiento (KPIs) 119
3.8.12 Puntos de Control (Gates) 120
3.8.13 Gestión de Cambios 121
3.9 Análisis de Pareto 126
3.10 Conclusiones Generales 129
Capítulo 4 Formación del equipo 130
4.1 Introducción 130
4.1.1 Propósito del plan de formación del equipo 131
4.1.2 Importancia de la formación del equipo en el proyecto 131
4.2 Identificación de Habilidades 133
4.2.1 Mapa de habilidades requeridas del equipo 133
4.2.2 Evaluación del dominio de competencias 134
4.2.3 Modelo de competencias del equipo del proyecto 135
4.2.4 Habilidades blandas y capacidades ágiles 135
4.2.5 Brechas críticas de desarrollo 136
4.2.6 Plan de fortalecimiento del equipo 137
4.3 Entrevistas Simuladas 137
4.3.1 Escenarios simulados de entrevista 138
4.3.2 Preguntas para las entrevistas 139
4.3.3 Criterios de evaluación 141
4.4 Definición de Roles del Equipo 142
4.4.1 Roles y responsabilidades principales 142

4.4.2 Matriz RACI del equipo 143
4.5 Plan De Formación Y Desarrollo Del Equipo 144
4.5.1 Introducción estratégica del plan de formación 144
4.5.2 Objetivo del plan de formación 144
4.5.3 Principios que guían la formación del equipo 145
4.5.4 Diagnóstico y priorización de necesidades de formación 145
4.5.5 Modelo de evolución de capacidades del equipo 146
4.5.6 Programa estratégico de formación del equipo 147
4.5.7 Metodología de aprendizaje 148
4.5.8 Roadmap de formación del equipo 149
4.5.9 Seguimiento y evaluación del desarrollo 150
Capítulo 5 Plan de comunicación y gestión de conflictos y crisis 151
5.1 Introducción 151
5.2 Identificación de Partes Interesadas 152
5.2.1 Introducción 152
5.2.2 Identificación de las Partes Interesadas 152
5.2.3 Análisis del Nivel de Poder e Interés 153
5.2.4 Matriz Poder – Interés 154
5.2.5 Estrategias de Gestión de las Partes Interesadas 155
5.3 Plan de Comunicación 157
5.3.1 Matriz de Comunicación 157
5.3.2 KPIs de Comunicación 159
5.4 Enfoque de gestión de conflictos 160
5.4.1 Identificación de conflictos potenciales y estrategias de gestión Conflicto potencial entre Área de Producción y Área Ambiental 160
5.4.2 Conflicto potencial entre Dirección del Proyecto y Área Financiera Situación potencial 161
5.4.3 Conflicto potencial entre Área de Compras y Gestor Ambiental Autorizado 162
5.4.4 Conflicto potencial por resistencia al cambio de colaboradores operativos Situación potencial 163
5.4.5 Estrategia general para la resolución de conflictos 164
5.4.6 Matriz resumen de conflictos potenciales 164
5.5 Gestión de Crisis 165

5.5.1 Incidente ambiental o de seguridad durante la carga y el transporte 166
5.5.2 Pérdida de trazabilidad o incumplimiento documental 167
5.5.3 Indisponibilidad del gestor ambiental y acumulación del residuo 169
5.5.4 Residuo rechazado o no apto para la producción de compost 171
5.5.5 Incremento de costos o pérdida de viabilidad económica 172
5.5.6 Crisis reputacional o inconformidad de la comunidad 174
5.5.7 Comité de Crisis 175
5.5.8 Protocolo general de actuación 176
5.5.9 Indicadores de gestión de crisis 177
5.5.10 Cierre de la gestión de crisis 177
5.6 Conclusiones 178
Capítulo 6 Aplicación de Scrum en el proyecto 178
6.1 Introducción 178
6.2 Descripción del proyecto 179
6.2.1 Objetivo general 179
6.2.2 Objetivos específicos 180
6.2.3 Alcance y criterios de éxito 180
6.3 Aplicación de Scrum 181
6.3.1 Pilares y valores 181
6.3.2 Roles de Scrum 182
6.3.3 Product Backlog 183
6.3.4 Incrementos y definición de terminado 184
6.3.5 Eventos Scrum 184
6.4 Planificación de los Sprints 184
6.4.1 Sprint Backlog del Sprint 1 185
6.4.2 Secuencia de cada Sprint 186
6.5 Revisión del Sprint 186
6.5.1 Evidencias por presentar 186
6.5.2 Retroalimentación y adaptación 187
6.6 Retrospectiva del Sprint 187
6.7 Informe final 188
6.7.1 Aplicación de Scrum y resultados esperados 188
6.7.2 Indicadores para la decisión 189

6.7.3 Lecciones aprendidas 189
6.8 Conclusiones 190
Capítulo 7 Diseño de un sistema Kanban para un proceso de trabajo 191
7.1 Introducción 191
7.1.1 Objetivos del sistema 192
7.2 Selección del proceso de trabajo 192
7.2.1 Proceso seleccionado 192
7.3 Diseño del sistema Kanban 194
7.3.1 Definición del flujo de trabajo 194
7.4 Creación del tablero Kanban 197
7.4.1 Lectura del tablero 198
7.4.2 Diseño de las tarjetas Kanban 199
7.4.3 Políticas explícitas del sistema 201
7.4.4 Gobernanza y responsabilidades 201
7.5 Implementación propuesta 202
7.5.1 Rutinas de retroalimentación 203
7.5.2 Herramienta digital sugerida 203
7.6 Seguimiento y mejora continua 203
7.6.1 Uso de los datos 204
7.7 Riesgos y respuesta 205
7.7.1 Criterios para ajustar los límites WIP 205
7.7.2 Integración con el enfoque híbrido 206
7.8 Conclusiones 206
Capítulo 8 Desarrollo de un nuevo producto o servicio utilizando Lean Startup 207
8.1 Introducción 207

8.2 Selección de Idea 208
8.2.1 Descripción de la idea seleccionada para el nuevo producto o servicio 208
8.2.2 Justificación de por qué esta idea se considera prometedora 208
8.3 Desarrollo de Hipótesis 210
8.3.1 Hipótesis sobre el Problema (Problem Hypotheses) 210
8.3.2 Hipótesis sobre los usuarios e interesados clave (Stakeholder hypotheses) 211
8.3.3 Hipótesis sobre el Mercado y la Solución (Market & Solution Hypotheses) 211

8.3.4 Matriz de Priorización de Hipótesis (Riesgo vs. Incertidumbre) 212
8.4 Diseño de Experimentos 212
8.4.1 Planificación y diseño de experimentos para probar las hipótesis identificadas. 212
8.4.2 Descripción de las métricas y KPIs (Indicadores Clave de Desempeño) que se utilizarán para medir los resultados. 213
8.5 Implementación y experimentación 215
8.5.1 Ejecución de los experimentos diseñados para validar o refutar las hipótesis. 215
8.5.2 Recopilación de Datos y Resultados del Experimento 216
8.6 Análisis y Pivotaje 218
8.6.1 Análisis de los datos recopilados y evaluación de las hipótesis iniciales. 219
8.6.2 Decisión sobre si es necesario realizar ajustes en la estrategia o en la idea original (pivotar). 220
8.7 Iteración 221
8.8 Producto Mínimo Viable (MVP) 223
8.8.1 Desarrollo y presentación del Producto Mínimo Viable basado en las iteraciones y ajustes realizados. 223
8.8.2 Explicación de cómo el MVP aborda el Problema Identificado 225
8.9 Conclusiones 226
Capítulo 9 228
Design Sprint para la solución de problemas empresariales 228
9.1 Introducción 228
9.1.1 Objetivo general 229
9.1.2 Objetivos específicos 229
9.2 Selección del problema 229
9.3 Planificación del Design Sprint 229
9.4 Día 1 Comprensión 231
9.4.1 Necesidades y mapa del problema 231
9.4.2 Consulta a expertos 231
9.4.3 Referentes empresariales 232
9.5 Día 2 Ideación 233
9.6 Día 3 Decisión 233
9.7 Día 4 Prototipado 235
9.7.1 Representación visual del prototipo 237

9.8 Día 5 Prueba con usuarios 238
9.8.1 Condiciones para completar la validación 239
9.9 Resultados y lecciones aprendidas 239
9.10 Presentación a compañeros 241
9.11 Conclusiones 242
Capítulo 10 243
Cierre del proyecto 243
10.1 Introducción y alcance del cierre 243
10.2 Fase de finalización 244
10.2.1 Finalización de actividades y entregables 244
10.2.2 Secuencia y controles del cierre 245
10.3 Evaluación del proyecto 245
10.3.1 Indicadores y evaluación de objetivos 245
10.3.2 Evaluación económica del escenario de referencia 247
10.3.3 Desviaciones y riesgos residuales 248
10.4 Entrega y cierre administrativo 249
10.4.1 Contratos cuentas y recursos 249
10.4.2 Repositorio y aceptación formal 250
10.5 Recopilación de lecciones aprendidas 251
10.6 Informe final de cierre 252
10.6.1 Informe final del piloto: escenario simulado 252
10.6.2 Decisión y continuidad 253
10.7 Ejercicio de conceptos ágiles y Lean 254
10.8 Conclusiones y aplicaciones 255
Referencias 257
Anexo A Ficha para registrar las pruebas reales 261
Anexo B. Checklist de verificación por retiro 262

a

Índice de tablas

Tabla 1. Esquema de Valorización....25
Tabla 2. Calculo cifras de Negocio....27
Tabla 3. Plan comparativo de los años de regeneración de celulosa....28
Tabla 4. Tipos de Enfoque Gestión Ágil....31
Tabla 5. Gestión del Tiempo Proyecto Ericcson....36
Tabla 6. Tabla comparativa entre el caso de Ericsson y el caso de Bosch....42
Tabla 7. Enfoque híbrido con predominio ágil....45
Tabla 8. Tiempo de valor agregado de las actividades....47
Tabla 9. Entregables Proyecto....56
Tabla 10. Metodología Gestión Proyectos....59
Tabla 11. Cronograma Inicial....60
Tabla 12. Alcance Presupuesto....61
Tabla 13. Presupuesto Estimado....62
Tabla 14. Comparación Económica....63
Tabla 15. Recursos humanos y materiales....64
Tabla 16. Stakeholders....72
Tabla 17. Propósito de Trabajo....76
Tabla 18. Estructura de Descomposición del trabajo....76
Tabla 19. Entregables Proyecto Entregable final del proyecto....80
Tabla 20. Cronograma gestión de proyecto....83
Tabla 21. Cronograma de proceso actual....83
Tabla 22. Cronograma de Selección de Gestor ambiental....84
Tabla 23. Cronograma de Implementación proyecto piloto....85
Tabla 24. Cronograma Seguimiento y Control....85
Tabla 25. Cronograma cierre de Proyecto....86
Tabla 26. Distribución de las semanas....87
Tabla 27. Cronograma general tipo Gantt por semanas.....87
Tabla 28. Hitos del proyecto....88
Tabla 29. Componentes del Proyecto....89
Tabla 30. Recursos para la gestión del proyecto....91
Tabla 31. Recursos para diagnóstico del proceso....92
Tabla 32. Recursos para selección del gestor....93
Tabla 33. Recursos para la implementación de proyecto piloto....93
Tabla 34. Recursos para seguimiento y control....94
Tabla 35. Recursos para cierre de proyecto....95
Tabla 36. Cronograma Inicial....95

Tabla 37. Cronograma tipo Grantt 97
Tabla 38. Causas potenciales de retraso 98
Tabla 39. Diagrama de Ishikawa 100
Tabla 40. Criterios de evaluación 102
Tabla 41. Criterios de evaluación del impacto 102
Tabla 42. Matriz de Riesgos 103
Tabla 43. Plan de Gestión de Riesgos 104
Tabla 44. Presupuesto móvil y control de variaciones 106
Tabla 45. Flujograma 109
Tabla 46. Alcance Presupuesto 111
Tabla 47. Presupuesto Estimado 112
Tabla 48. Comparación Económica 113
Tabla 49. Recursos humanos y materiales 114
Tabla 50. Elementos del plan de seguimiento y control 116
Tabla 51. Estructura de reuniones de seguimiento 117
Tabla 52. Reportes de seguimiento 118
Tabla 53. Métricas de rendimiento del proyecto 119
Tabla 54. Puntos de control del proyecto 120
Tabla 55. Riesgos prioritarios y respuestas del proyecto 124
Tabla 56. Clasificación Lean de las actividades 128
Tabla 57. Mapa de Habilidad 133
Tabla 58. Evaluación del dominio de competencias 134
Tabla 59. Modelo de competencias del equipo del proyecto 135
Tabla 60. Habilidades blandas y capacidades ágiles 136
Tabla 61. Brechas críticas de desarrollo 136
Tabla 62. Plan de fortalecimiento del equipo 137
Tabla 63. Escenarios simulados de entrevista 138
Tabla 64. Preguntas para las entrevistas 139
Tabla 65. Criterios de evaluación 141
Tabla 66. Roles y responsabilidades principales 142
Tabla 67. Matriz RACI del equipo 143
Tabla 68. Matriz RACI del equipo 143
Tabla 69. Objetivo del plan de formación 144
Tabla 70. Principios que guían la formación del equipo 145
Tabla 71. Diagnóstico y priorización de necesidades de formación 145
Tabla 72. Programa estratégico de formación del equipo 148
Tabla 73. Metodología de aprendizaje 148

Tabla 74. Roadmap de formación del equipo 149
Tabla 75. Seguimiento y evaluación del desarrollo 150
Tabla 76. Identificación de las Partes Interesadas 152
Tabla 77. Matriz de evaluación de poder e interés 154
Tabla 78. Estrategias de gestión de las partes interesadas 156
Tabla 79. Matriz de comunicación 157
Tabla 80. Kpis Comunicación 159
Tabla 81. Principales prácticas 164
Tabla 82. Matriz resumen de conflictos potenciales 164
Tabla 83. Comité de Crisis 175
Tabla 84. Indicadores de gestión de crisis 177
Tabla 85. Criterios de éxito del proyecto 181
Tabla 86. Aplicación de los pilares y valores de Scrum 182
Tabla 87. Asignación de roles Scrum 182
Tabla 88. Product Backlog del proyecto 183
Tabla 89. Eventos Scrum aplicados al proyecto 184
Tabla 90. Planificación de los seis Sprints 185
Tabla 91. Sprint Backlog del Sprint 1 185
Tabla 92. Resultados de la retrospectiva del Sprint 1 187
Tabla 93. Indicadores para la decisión final 189
Tabla 94. Características del proceso seleccionado 192
Tabla 95. Definición del flujo de trabajo 194
Tabla 96. Límites WIP y justificación 195
Tabla 97. Inventario inicial de elementos de trabajo 196
Tabla 98. Tablero Kanban del piloto de valorización 198
Tabla 99. Contenido mínimo de las tarjetas 199
Tabla 100. Ejemplo de tarjeta 200
Tabla 101. Políticas explícitas del sistema Kanban 201
Tabla 102. Plan de implementación del sistema Kanban 202
Tabla 103. Indicadores para evaluar el sistema 204
Tabla 104. Riesgos de implementación y acciones de respuesta 205
Tabla 105. Matriz priorizada de Hipótesis 212
Tabla 106. Descripción de las métricas y KPIs 214
Tabla 107. Indicadores de Eficiencia y Flujo 214
Tabla 108. Recopilación de Datos y Resultados del Experimento 216
Tabla 109. Resultados de Eficiencia Logística y Flujo de Trabajo 217
Tabla 110. Análisis de los datos recopilados y evaluación 219

Tabla 111. Evolución del Sistema....223
Tabla 112. Relación entre el problema y el MVP....225
Tabla 113. Roles propuestos para el Sprint....230
Tabla 114. Agenda y productos previstos....230
Tabla 115. Comparación orientativa de alternativas....234
Tabla 116. Contenido y reglas de las pantallas....235
Tabla 117. Estados del retiro en el prototipo....235
Tabla 118. Tareas y criterios propuestos de aceptación....238
Tabla 119. Escenarios simulados para revisar la lógica del diseño....240
Tabla 120. Criterios de aceptación de los entregables....244
Tabla 121. Agenda propuesta de cierre en la semana 12....245
Tabla 122. Matriz de evaluación para el cierre....246
Tabla 123. Comparación económica del piloto....247
Tabla 124. Tratamiento de riesgos al cierre....248
Tabla 125. Contenido del acta propuesta de cierre....250
Tabla 126. Lecciones del diseño y acciones para la ejecución....251
Tabla 127. Aplicación de herramientas Lean....254
Tabla 128. Registro individual de observación....261
Tabla 129. Checklist de verificación por retiro....262

Índice de figuras

Figura 1. Línea base propuesta de avance acumulado para valorizar 100 toneladas en 12 semanas. 118
Figura 2. Proceso de gestión de cambios diseñado para la prueba piloto. 122
Figura 3. Causas potenciales de incumplimiento 123
Figura 4. Matriz de riesgos específica del proyecto. 124
Figura 5. Distribución de la línea base presupuestaria 126
Figura 6. Análisis de Pareto- exposición acumulada a los riesgos. 127
Figura 7. Análisis Lean del flujo de gestión del residuo de celulosa 128
Figura 8. Evolución de capacidades para la implementación del modelo circular 147
Figura 9. Roadmap de formación 150
Figura 10. Matriz Poder 155
Figura 11. Relación entre el retiro y su expediente digital 237
Figura 12. Tres pantallas de la ficha digital del retiro R-01 237

PARTE I

Capítulo 1

Introducción y objeto del proyecto

1.1 Propuesta de proyecto

1.2 Identificación del estudiante/s y programa que cursa

Nombre Estudiante/s:

Miguel Ángel Franco Bonilla María José Gonzales Arriaga, Mauricio Ramiro Suarez Sonia Guadalupe Yalamá Ubidia, Anthony Alejandro Farias Aimacaña

Programa que cursa:

MBA JUN 25 UIDE G3

1.3 Definición del proyecto

1.3.1 Nombre del proyecto:

1.1. Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular

1.3.2 Objetivo del proyecto:

Implementar un modelo de valorización del residuo de celulosa generado por Lunara Andina S.A., mediante un gestor ambiental autorizado que permita transformar el material en compost, reduciendo costos operativos, optimizando el uso del espacio disponible y fortaleciendo la estrategia de sostenibilidad y economía circular de la empresa, a fin de reducir riesgos operativos, ambientales, legales, económicos y sancionatorios.

1.3.3 Descripción breve del objetivo y problemas que resolvería la puesta en marcha de este proyecto

El proyecto tiene como objetivo optimizar el modelo actual de gestión del residuo de celulosa generado en el proceso de fabricación de papel higiénico de Lunara Andina S.A., incorporando un enfoque de valorización mediante economía circular. La propuesta busca que el residuo deje de ser tratado únicamente como un material de disposición o recuperación de suelo y pase a convertirse en una materia prima aprovechable para la producción de compost.

Actualmente, la empresa genera mensualmente un volumen importante de residuo de celulosa como parte de su proceso productivo. Desde el año 2015, este residuo ha sido gestionado dentro de los predios de la empresa mediante un proyecto de recuperación de suelo que cuenta con Registro Ambiental y cumple con la normativa ambiental vigente. Las actividades de movimiento y conformación del material son ejecutadas por una empresa contratista especializada, con un costo actual de $ 27,80 por tonelada movida y procesada.

Aunque el sistema actual ha permitido gestionar adecuadamente el residuo durante varios años, el crecimiento del volumen generado y la capacidad limitada del terreno hacen necesario replantear la estrategia de manejo. Mantener el esquema actual implicaría una reducción progresiva del espacio disponible para futuras operaciones y limitaría el aprovechamiento del residuo bajo principios de economía circular.

Como parte del control ambiental, el residuo es sometido semestralmente a análisis de caracterización mediante la metodología CRETIB, cuyos resultados han determinado que el material no presenta características de peligrosidad. Además, estudios técnicos han identificado

que posee propiedades adecuadas para ser utilizado como materia prima en la producción de compost.

La puesta en marcha del proyecto permitiría comparar el sistema actual frente a una alternativa de valorización con gestor ambiental autorizado, considerando criterios técnicos, económicos, legales, ambientales y operativos. De esta manera, se busca proponer un modelo más eficiente, trazable, preventivo y sostenible para el manejo del residuo de celulosa.

Alternativa 1. Mantener el sistema actual

Consiste en continuar con el proyecto de recuperación de suelo dentro de los predios de la empresa. Esta alternativa tiene como ventaja que es un sistema conocido, operativo y con cumplimiento ambiental vigente; sin embargo, presenta limitaciones porque el espacio disponible continuará disminuyendo, no genera aprovechamiento económico del residuo y mantiene un costo de gestión de $ 27,80 por tonelada.

Alternativa 2. Implementar un esquema de valorización mediante gestor ambiental autorizado

Consiste en contratar un proveedor especializado que retire el residuo desde la planta y lo procese para la elaboración de compost. El proveedor evaluado cuenta con registro y permisos ambientales vigentes, infraestructura adecuada, equipos para transporte y procesamiento, así como experiencia como gestor autorizado. El costo ofertado corresponde a $ 21,50 por tonelada gestionada, incluyendo movimiento y procesamiento.

Tabla 1

Esquema de Valorización

Concepto	Sistema actual	Propuesta	Diferencia / ahorro
Costo por tonelada	$27,80	$21,50	$ 6,30 por tonelada

El ahorro anual dependerá del volumen total de residuo generado durante el año. Con base en la información disponible, la alternativa de valorización permitiría reducir el costo unitario de gestión y, al mismo tiempo, generar beneficios ambientales y operativos al liberar espacio dentro de la planta.

1.4 Definición de la empresa o negocio

1.4.1 Nombre de la empresa: Lunara Andina S.A.

1.4.2 Misión y visión de la empresa

Misión

Desarrollar, producir, comercializar y vender productos y servicios para la higiene y la salud de valor añadido de forma sostenible.

Visión

Ser una planta reconocida por su pasión y perseverancia para generar bienestar y desarrollo, enfocados en la confiabilidad de los procesos, incrementando la producción, siendo sustentables y con productos superiores en su segmento.

Sector Industrial

Mercado de papel de consumo masivo

1.5 Procesos, organización y cifras del negocio

1.5.1 Procesos

Los procesos clave relacionados con el proyecto corresponden a la fabricación de papel higiénico, la generación del residuo de celulosa, su almacenamiento temporal, el retiro del material, la entrega al gestor ambiental autorizado y su posterior transformación en compost.

En el proceso productivo, el residuo de celulosa se genera como parte del rechazo propio de la fabricación de papel higiénico. Este residuo requiere una gestión adecuada debido a su volumen, composición y posible impacto ambiental si no se maneja bajo condiciones técnicas controladas.

Actualmente, el manejo del residuo está vinculado al proceso de gestión ambiental de la empresa, el cual busca cumplir con el marco legal aplicable, reducir impactos ambientales y promover prácticas sostenibles. Sin embargo, el modelo vigente presenta limitaciones por la disponibilidad de espacio y porque no aprovecha plenamente el potencial del residuo como insumo para compostaje.

Por ello, el proyecto se relaciona directamente con los procesos de producción, gestión ambiental, cumplimiento normativo, control de proveedores, sostenibilidad, economía circular y toma de decisiones operativas.

1.5.2 Organización

Lunara Andina S.A., cuenta con una estructura organizacional orientada a la producción, comercialización y gestión sostenible de productos de higiene. Para el desarrollo del proyecto intervienen principalmente las áreas de Producción, Ambiente, Finanzas, Compras y Gestión de Proveedores.

El área de Producción se relaciona directamente con la generación del residuo de celulosa dentro del proceso de fabricación de papel higiénico. El área Ambiental es responsable del cumplimiento normativo, control de impactos y seguimiento del manejo de residuos. Finanzas aporta información sobre costos actuales, ahorros esperados y presupuestos asociados a la nueva alternativa de gestión. Compras y Gestión de Proveedores intervienen en la evaluación del gestor ambiental actual y en la posible selección del proveedor autorizado para valorización del residuo.

Esta estructura permite analizar el problema desde una perspectiva integral, considerando aspectos operativos, ambientales, económicos, legales, de sostenibilidad y de cumplimiento.

1.5.3 Cifras del negocio

Principales cifras, ratios y números que definen a la empresa: facturación y ventas de un último periodo; años de actividad, número de empleados, número de países en los que se tiene presencia, etc.

Número de empleados: 124

Años de actividad: 10

Número de países en los que se tiene presencia: 1

Tabla 2

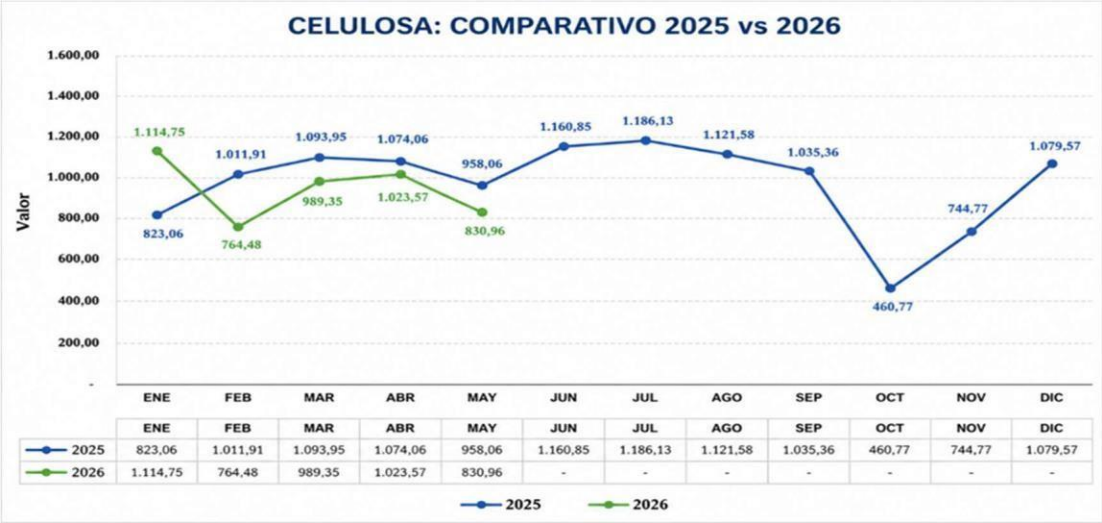
Calculo cifras de Negocio

CUENTA	VALOR
INGRESOS DE ACTIVIDADES ORDINARIAS	24.580.481,22
VENTA DE BIENES	24.730.683,91
PRESTACIÓN DE SERVICIOS	54.512,11

Gráfico referencial de generación de residuo de celulosa

Tabla 3

Plan comparativo de los años de regeneración de celulosa



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2025	823,06	1.011,91	1.093,95	1.074,06	958,06	1.160,85	1.186,13	1.121,58	1.035,36	460,77	744,77	1.079,57
2026	1.114,75	764,48	989,35	1.023,57	830,96	-	-	-	-	-	-	-

La gráfica muestra la generación mensual de residuo de celulosa de la empresa y permite dimensionar el problema. Para evaluar la alternativa de valorización externa, se propone una prueba piloto de 100 toneladas. Su alcance, programación y mecanismos de control se desarrollan en los capítulos posteriores.

El gráfico comparativo 2025 vs. 2026 evidencia que la generación mensual de celulosa se mantiene en niveles significativos, lo que refuerza la necesidad de buscar una alternativa sostenible y económicamente más eficiente para su manejo.

1.6 Vinculación con la empresa, fuentes de información y nivel de conocimiento

1.6.1 Vinculación con la empresa

La vinculación con la empresa se da a través de María José, integrante del grupo, quien mantiene una relación cercana con una persona que trabaja en la organización. Esta fuente

interna ha manifestado su disposición para apoyar con la información necesaria y autorizada para el desarrollo académico del proyecto.

1.6.2 Fuentes de información y nivel de conocimiento

La información se obtendrá a través de una fuente interna de la empresa, quien podrá proporcionar datos sobre el proceso productivo, generación y manejo del residuo de celulosa, gestor ambiental actual, costos asociados, limitaciones de espacio, análisis CRETIB, potencial de compostaje, posibles afectaciones ambientales y riesgos de cumplimiento.

El nivel de conocimiento se estima en 8/10, debido a que se contará con acceso suficiente a información relevante para sustentar el proyecto. No se asigna 10/10 porque el acceso dependerá de la disponibilidad documental y de las restricciones de confidencialidad de la empresa.

1.6.3 Otras informaciones

Por motivos de confidencialidad, no se revelará el nombre comercial ni la razón social real de la empresa. Para efectos del presente proyecto académico, se utilizará el nombre ficticio “Lunara Andina S.A. La información presentada corresponde a una empresa real dedicada a la fabricación de papel higiénico, cuyos datos serán tratados de forma reservada.

1.7 ejemplos Cascada y Ágil (investigación) Introducción, contexto y metodología del estudio

La dirección de proyectos ha evolucionado de un enfoque centrado únicamente en cumplir cronogramas, presupuestos y entregables, hacia una visión más estratégica: generar valor, responder al cambio y entregar resultados útiles para los clientes, usuarios e interesados.

En este contexto, resulta necesario comprender dos enfoques relevantes: la gestión en cascada y la gestión ágil basada en valor. Ambos permiten dirigir proyectos, pero responden a necesidades distintas. Mientras la gestión en cascada aporta estructura, planificación y control, la gestión ágil permite adaptación, colaboración y entrega progresiva de valor (PwC Venezuela, 2019; Agile Manifesto, 2001).

Los proyectos actuales se desarrollan en entornos dinámicos, donde las necesidades pueden cambiar y los resultados deben demostrar valor real. Por ello, la metodología no debe elegirse de forma automática, sino según el tipo de proyecto, el nivel de incertidumbre y las expectativas de los interesados.

1.7.1 Gestión en cascada

La gestión en cascada es un enfoque tradicional o predictivo. Organiza el proyecto en fases secuenciales, donde cada etapa se desarrolla después de completar la anterior. Este modelo resulta útil cuando el alcance está claro, los requisitos son estables y se necesita documentación formal, planificación anticipada y control del avance (PwC Venezuela, 2019).

1.7.2 Gestión Ágil Basada en el Valor

La gestión ágil basada en valor trabaja mediante ciclos cortos, retroalimentación constante y adaptación continua. Su objetivo es entregar resultados útiles durante el desarrollo del proyecto, no únicamente al final. Este enfoque permite priorizar aquello que genera mayor valor, incorporar aprendizajes durante el proceso y responder mejor a los cambios del entorno (PwC Venezuela, 2019; Institute of Project Management, 2026; Agile Manifesto, 2001).

Tabla 4

Tipos de Enfoque Gestión Ágil

6.3. Enfoques principales de dirección de proyectos		¿Qué aporta?
Enfoque	**¿Cómo trabaja?**	
Gestión en cascada	Avanza por fases secuenciales previamente definidas.	Orden, planificación, documentación y control.
Gestión ágil basada en valor	Avanza mediante ciclos cortos, revisión y adaptación continua.	Flexibilidad, colaboración, aprendizaje y entrega progresiva de valor.

En síntesis, la dirección de proyectos requiere mucho más que aplicar herramientas o seguir una secuencia de actividades. Requiere comprender el contexto, reconocer el nivel de incertidumbre y seleccionar el enfoque más adecuado para alcanzar resultados de valor.

La gestión en cascada aporta estructura, planificación y control. La gestión ágil basada en valor aporta adaptación, colaboración y mejora continua. Conocer ambas perspectivas permite desarrollar una visión más completa, profesional y estratégica para dirigir proyectos de manera efectiva.

1.8 Caso 1: Proyecto gestionado con enfoque en cascada

1.9 Proyecto Implementación de redes 3G y 4G con metodología en cascada.

1.9.1 Introducción

Ericsson es una empresa líder mundial en el sector de las telecomunicaciones, reconocida por el desarrollo e implementación de redes móviles y soluciones de conectividad. En sus proyectos de despliegue de infraestructura, especialmente durante la expansión de las redes 3G y 4G/LTE, la empresa utilizó principalmente la metodología de gestión de proyectos en cascada (Waterfall) ((Project Management Institute, 2021)

Este enfoque permitió planificar y ejecutar cada fase de manera secuencial, asegurando el cumplimiento de los requisitos técnicos, los plazos establecidos y los estándares de calidad exigidos por los operadores de telecomunicaciones y los organismos reguladores. Este caso demuestra cómo la metodología en cascada puede ser efectiva en proyectos con requisitos claramente definidos y cambios limitados durante su ejecución (Wiston W. Royce Managing the Development of Large Software Systems).

1.9.2 Objetivos

1.9.3 Objetivo General

Analizar la gestión del proyecto de despliegue de redes 3G y 4G/LTE de Ericsson, desarrollado bajo un enfoque de gestión en cascada (Waterfall), con el propósito de evaluar cómo la planificación secuencial contribuyó al cumplimiento de los requisitos técnicos, los plazos establecidos y los estándares de calidad exigidos por los operadores de telecomunicaciones.

1.9.4 Objetivo Específicos

- Describir las etapas del modelo en cascada aplicadas por Ericsson durante la planificación, diseño, implementación, pruebas y puesta en marcha de las redes de telecomunicaciones (Pressman & Maxim, 2019).
- Analizar la importancia de una planificación estructurada para garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos, regulatorios y contractuales del proyecto.
- Evaluar las ventajas y limitaciones del enfoque en cascada en proyectos de infraestructura de telecomunicaciones de gran escala (Yin, 2018).

- Identificar los resultados obtenidos por Ericsson en términos de calidad, confiabilidad y cumplimiento de tiempos mediante la aplicación de la metodología Waterfall.
- Proponer aprendizajes derivados del caso que puedan servir como referencia para la gestión de futuros proyectos de infraestructura tecnológica.

1.9.5 Metodología utilizada dentro del proyecto de Implementación redes 3G y 4G/LTE

El proyecto de despliegue de redes 3G y 4G/LTE de Ericsson se gestionó principalmente mediante la metodología en cascada (Waterfall). Este enfoque se caracteriza por desarrollar el proyecto en fases secuenciales, donde cada etapa debe completarse antes de iniciar la siguiente. La metodología fue adecuada debido a que los requisitos técnicos, contractuales y regulatorios estaban definidos desde el inicio y existía poca flexibilidad para realizar cambios durante la ejecución Kerzner, H. (2022).

1.9.6 Fases aplicadas

En el proyecto se redactó varias fases para su implementación las cuales son las siguientes:

1. Análisis de requisitos: Se identificaron y documentaron las necesidades del operador de telecomunicaciones, incluyendo cobertura, capacidad y cumplimiento de normas técnicas.
2. Diseño de la solución: Se diseñó la arquitectura de la red, la ubicación de estaciones base, la infraestructura y la integración con los sistemas existentes.
3. Implementación: Se fabricaron, suministraron e instalaron los equipos de telecomunicaciones y la infraestructura requerida.

4. Pruebas y validación: Se realizaron pruebas de funcionamiento, rendimiento, cobertura, seguridad e interoperabilidad para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos.

5. Despliegue y entrega: La red fue puesta en operación y entregada al cliente, acompañada de actividades de capacitación, documentación técnica y soporte inicial.

6. Mantenimiento: Ericsson proporcionó servicios de monitoreo, mantenimiento preventivo, correctivo y actualizaciones para garantizar la continuidad operativa de la red.

Al realizar todos estos pasos mencionados se justifica que el modelo de cascada tuvo un impacto positivo en que los requisitos eran estables y estaban claramente definidos, tuvieron contratos con alcance, costos y cronogramas específicos contribuciones con estándares internacionales y regulación del sector de telecomunicaciones en consecuencia el enfoque permitió mantener un control riguroso sobre la planificación.

1.9.7 Resultados Obtenidos

La aplicación de la metodología en cascada permitió a Ericsson obtener resultados positivos en la planificación, ejecución y entrega de proyectos de infraestructura de telecomunicaciones. Al seguir un proceso estructurado y secuencial, la empresa logró mantener un alto nivel de control sobre el alcance, los costos, los tiempos y la calidad del proyecto ((Project Management Institute, 2021)

Resultados obtenidos que más destacan utilizando metodología en cascada:

1. Cumplimiento de los requisitos técnicos y contractuales, garantizando que la infraestructura instalada respondiera a las especificaciones acordadas con los operadores de telecomunicaciones.

2. Entrega de redes confiables y de alta calidad, con niveles adecuados de cobertura, capacidad y disponibilidad para los usuarios finales.

3. Cumplimiento de los cronogramas establecidos, gracias a una planificación detallada y al seguimiento de cada fase del proyecto.

4. Reducción de riesgos durante la implementación, al validar cada etapa antes de avanzar a la siguiente, minimizando errores de diseño e instalación.

5. Cumplimiento de estándares internacionales y normativas regulatorias, fortaleciendo la confianza de los clientes y asegurando la interoperabilidad de las redes.

6. Consolidación del liderazgo de Ericsson como proveedor global de soluciones para redes móviles, participando en el despliegue de infraestructura 3G y 4G en numerosos países.

1.9.8 Evaluación de calidad

La evaluación de la calidad del proyecto de despliegue de redes 3G y 4G/LTE desarrollado por Ericsson se fundamentó en el cumplimiento de los requisitos técnicos, contractuales y regulatorios establecidos desde la etapa de planificación. La aplicación de la metodología en cascada permitió realizar controles de calidad en cada fase del proyecto, verificando que los entregables cumplieran con las especificaciones antes de avanzar a la siguiente etapa ((Project Management Institute, 2021)

Como resultado, la infraestructura implementada alcanzó altos niveles de disponibilidad, confiabilidad y rendimiento, garantizando una adecuada cobertura y capacidad de la red para satisfacer las necesidades de los operadores de telecomunicaciones y de los usuarios finales. Asimismo, las pruebas de funcionamiento e integración permitieron identificar y corregir

posibles fallas antes de la puesta en operación, reduciendo riesgos y asegurando la estabilidad del servicio.

1.9.9 Cumplimiento del tiempo.

En esta sección se coloca una tabla detallada en cómo realizo la distribución del tiempo siguiendo los cronogramas presentados (Project Management Institute. (2021).

Tabla 5

Gestión del Tiempo Proyecto Ericcson

Planificación del proyecto	Definir alcance, cronograma y recursos antes de iniciar	Se estableció un plan secuencial para todas las fases del proyecto	Alto
Cumplimiento de hitos	Finalizar cada fase antes de iniciar la siguiente	Los hitos fueron alcanzados conforme a la planificación, salvo ajustes puntuales	Alto
Entrega de la infraestructura	Entregar la red en las fechas acordadas con el cliente	La infraestructura fue implementada de acuerdo con los plazos contractuales en la mayoría de los proyectos	Alto
Control del cronograma	Monitorear el avance del proyecto durante su ejecución	Se realizó seguimiento continuo para identificar y corregir desviaciones	Alto
Gestión de retrasos	Minimizar retrasos mediante planificación detallada	Los retrasos se relacionaron principalmente con factores externos, como permisos o cambios solicitados por el cliente	Medio-Alto
Cumplimiento general del tiempo	Finalizar el proyecto dentro del plazo establecido	El enfoque en cascada favoreció el cumplimiento de los tiempos previstos	Alto

1.9.10 Satisfacción del cliente

La aplicación de la metodología en cascada permitió a Ericsson mantener una comunicación formal con los operadores de telecomunicaciones en cada fase del proyecto,

asegurando que los entregables fueran revisados y aprobados antes de continuar con la siguiente etapa. Este proceso contribuyó a reducir errores, garantizar la calidad de la infraestructura y fortalecer la confianza de los clientes (Ericsson. (2024). *Annual Report*).

1.10 Caso 2: Proyecto gestionado con enfoque ágil basado en valor Transformación ágil en Bosch mediante el enfoque Agile y Scrum

1.10.1 Introducción

En un entorno empresarial caracterizado por la rápida evolución tecnológica, la creciente competencia y las cambiantes necesidades de los clientes, las organizaciones

requieren metodologías de gestión que les permitan responder con rapidez y generar valor de manera continua. La gestión ágil basada en el valor prioriza la entrega incremental de productos o servicios funcionales, promoviendo la colaboración entre equipos multidisciplinarios y la mejora continua (Schwaber & Sutherland, 2020).

Bosch constituye uno de los casos más representativos de transformación organizacional mediante metodologías ágiles, incorporando Scrum, Kanban y principios Lean para acelerar la innovación y fortalecer su competitividad global (Bosch, 2024).

1.10.2 Contexto del proyecto

Bosch es una empresa multinacional alemana fundada en 1886 y reconocida como uno de los principales proveedores mundiales de tecnología, soluciones industriales, movilidad inteligente, bienes de consumo y servicios. La organización opera en más de 60 países y mantiene una fuerte inversión en investigación y desarrollo como parte de su estrategia competitiva (Bosch, 2024).

Durante los últimos años, la creciente complejidad de los proyectos tecnológicos y la necesidad de responder con mayor rapidez a las demandas del mercado impulsaron a Bosch a replantear sus modelos tradicionales de gestión. Como resultado, la empresa inició un proceso de transformación organizacional mediante la implementación de metodologías ágiles que facilitarán una mayor colaboración entre equipos y una entrega continua de valor al cliente (Rigby et al., 2016).

1.10.3 Objetivo del proyecto

El propósito de la transformación fue incrementar la capacidad de innovación de Bosch mediante la adopción de metodologías ágiles que permitieran reducir los tiempos de desarrollo, mejorar la calidad de los productos y fortalecer la orientación hacia el cliente (Bosch, 2024).

De acuerdo con Schwaber y Sutherland (2020b), la implementación de Scrum busca maximizar el valor entregado en cada iteración del proyecto, permitiendo responder rápidamente a los cambios y generar beneficios continuos para los usuarios.

1.10.4 Metodología aplicada

El propósito de la transformación fue incrementar la capacidad de innovación de Bosch mediante la adopción de metodologías ágiles que permitieran reducir los tiempos de desarrollo, mejorar la calidad de los productos y fortalecer la orientación hacia el cliente (Bosch, 2024).

De acuerdo con Schwaber y Sutherland (2020b), la implementación de Scrum busca maximizar el valor entregado en cada iteración del proyecto, permitiendo responder rápidamente a los cambios y generar beneficios continuos para los usuarios.

1.10.5 Entregas de valor

Uno de los principios fundamentales de la gestión ágil consiste en generar valor desde las primeras etapas del proyecto mediante entregas incrementales. En Bosch, cada Sprint produjo resultados funcionales como prototipos, mejoras en sistemas de automatización, nuevas funcionalidades de software y soluciones para Internet de las Cosas (IoT), permitiendo validar continuamente el producto con los clientes (Bosch, 2024).

Según Denning (2018), este enfoque reduce el riesgo de desarrollar soluciones que no respondan a las necesidades reales del mercado, ya que incorpora retroalimentación constante durante todo el ciclo del proyecto.

1.10.6 Resultados obtenidos

La adopción de metodologías ágiles permitió a Bosch reducir significativamente los tiempos de desarrollo de nuevos productos, incrementar la productividad de los equipos y mejorar la coordinación entre las diferentes áreas de la organización. Asimismo, la empresa fortaleció su capacidad de innovación y aumentó su flexibilidad para responder a cambios tecnológicos y comerciales (Bosch, 2024).

Rigby et al. (2016) sostienen que las organizaciones que implementan enfoques ágiles suelen obtener mayores niveles de innovación y mejores resultados empresariales debido a la entrega continua de valor y a la participación permanente del cliente durante el desarrollo del proyecto.

1.10.7 Calidad

La calidad fue gestionada de manera continua mediante prácticas como integración continua, automatización de pruebas, revisiones técnicas y validación constante con usuarios

internos y externos. Estas actividades permitieron detectar errores en etapas tempranas, reduciendo costos y mejorando la confiabilidad de los productos desarrollados (Bosch, 2024).

De acuerdo con Schwaber y Sutherland (2020b), la inspección y adaptación permanente constituyen principios esenciales de Scrum para garantizar la calidad del producto durante todo el ciclo de vida del proyecto.

1.10.8 Cumplimiento del tiempo

El trabajo mediante Sprints de dos a cuatro semanas permitió a Bosch realizar entregas frecuentes y reducir el tiempo de salida al mercado (Time to Market). La planificación iterativa facilitó la identificación temprana de riesgos y la incorporación de cambios sin afectar significativamente los objetivos del proyecto (Rigby et al., 2016).

Además, la utilización de herramientas visuales y reuniones periódicas permitió monitorear continuamente el avance de los proyectos y asegurar el cumplimiento de los cronogramas establecidos (Bosch, 2024).

1.10.9 Satisfacción del cliente

Uno de los principales resultados de la transformación ágil fue el fortalecimiento de la orientación al cliente. La participación activa de los usuarios durante las revisiones de Sprint permitió incorporar mejoras de manera continua y desarrollar soluciones alineadas con las necesidades reales del mercado (Denning, 2018).

Como consecuencia, Bosch logró incrementar la satisfacción de sus clientes, mejorar la experiencia de uso de sus productos y fortalecer relaciones comerciales de largo plazo mediante la entrega constante de valor (Bosch, 2024).

1.10.10 Relación con el proyecto de Lunara Andina S.A.

El caso de Bosch evidencia que la aplicación de metodologías ágiles permite gestionar proyectos de transformación mediante una implementación gradual, facilitando el seguimiento de resultados y la toma de decisiones durante su ejecución. Este enfoque resulta pertinente para el proyecto "Optimización y Transición del Modelo de Gestión del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular" de Lunara Andina S.A., cuyo propósito es sustituir el esquema actual de disposición del residuo por un modelo de valorización a través de un gestor ambiental autorizado.

La aplicación de una metodología ágil permitiría estructurar el proyecto en fases de implementación, evaluando en cada etapa aspectos como la eficiencia operativa, los costos de gestión, el cumplimiento de los requisitos ambientales y el desempeño del nuevo proceso.

Esta forma de gestión facilita la identificación oportuna de desviaciones, la incorporación de ajustes cuando sean necesarios y una transición ordenada hacia el nuevo modelo operativo.

En consecuencia, la experiencia de Bosch demuestra que la gestión ágil constituye una alternativa adecuada para proyectos que implican cambios organizacionales y de procesos, especialmente cuando es necesario mantener el control sobre la ejecución, optimizar recursos y asegurar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

1.10.11 Comparación y Contraste entre gestión en cascada y gestión ágil basada en valor

La comparación entre el caso de Ericsson, asociado al despliegue de redes 3G y 4G/LTE bajo un enfoque de gestión en cascada, y el caso de Bosch, vinculado a una transformación organizacional mediante prácticas ágiles como Scrum, Kanban y Lean, permite identificar

diferencias relevantes en la forma de planificar, ejecutar, controlar y entregar valor en los proyectos.

En el caso de Ericsson, el documento destaca que la metodología en cascada permitió una ejecución secuencial, con control de requisitos técnicos, plazos, estándares de calidad y cumplimiento regulatorio. En el caso de Bosch, se evidencia un enfoque orientado a la entrega continua de valor, la innovación, la adaptación y la mejora permanente mediante ciclos cortos de trabajo.

Desde la dirección de proyectos, ningún enfoque es superior de forma absoluta, su utilidad depende del contexto, la incertidumbre, la estabilidad de los requisitos y la necesidad de adaptación.

Tabla 6

Tabla comparativa entre el caso de Ericsson y el caso de Bosch

Criterio de comparación	Caso Ericsson: gestión en cascada	Caso Bosch: gestión ágil basada en valor
Tipo de proyecto	Despliegue de infraestructura tecnológica de telecomunicaciones 3G y 4G/LTE.	Transformación organizacional y tecnológica mediante prácticas ágiles.
Enfoque de gestión	Predictivo, secuencial y basado en fases: requisitos, diseño, implementación, pruebas, entrega y mantenimiento.	Iterativo e incremental, con uso de Scrum, Kanban, Lean, revisiones frecuentes y mejora continua.
Planificación	Se realiza de forma detallada desde el inicio, con alcance, cronograma, costos y requisitos previamente definidos.	Se planifica por ciclos cortos, priorizando entregas de mayor valor y ajustando el trabajo según retroalimentación.
Control del proyecto	Alto control documental, técnico y regulatorio. Cada fase debe cerrarse antes de avanzar a la siguiente.	Control continuo mediante reuniones periódicas, herramientas visuales, revisiones de avance y adaptación permanente.

Calidad	Se controla mediante validaciones al cierre de cada fase, pruebas técnicas y cumplimiento de estándares contractuales y regulatorios.	Se gestiona de forma continua mediante integración, pruebas automatizadas, revisiones técnicas y validación con usuarios.
Tiempo	Favorece el cumplimiento de cronogramas cuando los requisitos están bien definidos y existen pocas variaciones.	Reduce el tiempo de salida al mercado mediante sprints de dos a cuatro semanas y entregas frecuentes.
Satisfacción del cliente	Depende del cumplimiento contractual, la calidad final y la entrega conforme a especificaciones previamente acordadas.	Se fortalece por la participación del cliente, la validación temprana y la incorporación continua de mejoras.
Resultados obtenidos	Redes confiables, cumplimiento de estándares, control de alcance y reducción de riesgos técnicos durante la implementación.	Mayor innovación, productividad, coordinación entre áreas, flexibilidad y orientación al cliente.
Riesgos principales	Rigidez frente a cambios, detección tardía de errores y menor participación del cliente durante el desarrollo.	Riesgo de resistencia cultural, falta de experiencia ágil, ausencia de apoyo directivo o dificultad para mantener disciplina en los equipos.
Ventajas	Orden, trazabilidad, control, documentación formal y claridad contractual.	Adaptabilidad, entrega temprana de valor, mejora continua, colaboración y aprendizaje progresivo.
Limitaciones	Baja flexibilidad, dificultad para modificar requisitos y posibles ajustes costosos si aparecen cambios al final.	Requiere cultura colaborativa, equipos comprometidos, roles claros y participación permanente de los interesados.

1.10.12 Análisis comparativo de calidad, tiempo y satisfacción del cliente

En relación con la calidad, ambos enfoques pueden generar resultados adecuados, aunque desde lógicas distintas. En Ericsson, la calidad se asegura mediante controles técnicos, cumplimiento de especificaciones, pruebas de integración y validación final. En Bosch, la calidad se gestiona de forma continua, a través de revisiones frecuentes, pruebas, retroalimentación y ajustes durante el proceso. Por ello, la cascada controla la calidad por fases, mientras que la gestión ágil la integra durante todo el ciclo del proyecto.

Respecto al tiempo, la cascada permite una programación clara cuando el alcance es estable, como ocurrió en Ericsson con el cumplimiento de hitos y cronogramas contractuales.

En cambio, Bosch evidencia que el trabajo por ciclos cortos facilita entregas frecuentes, detección temprana de riesgos y mayor capacidad de adaptación. Así, la gestión ágil mantiene la planificación, pero la hace más flexible frente al avance real del proyecto.

En cuanto a la satisfacción del cliente, la cascada funciona bien cuando el resultado final cumple con requisitos definidos desde el inicio. La gestión ágil fortalece esta satisfacción al permitir la participación del cliente, la validación de entregas parciales y la incorporación de ajustes antes del cierre. Esto favorece que el resultado final responda mejor a las necesidades reales del negocio.

1.10.13 Aplicación al proyecto del grupo: Lunara Andina S.A.

A partir de los casos analizados de Ericsson y Bosch, se considera que el proyecto de Lunara Andina S.A. debería gestionarse mediante un enfoque híbrido, combinando la planificación y control de la gestión en cascada con la flexibilidad de la gestión ágil basada en valor.

El caso de Ericsson aporta una referencia útil para los aspectos que requieren orden, documentación y cumplimiento formal, como permisos ambientales, contratación del gestor autorizado, trazabilidad del residuo y control de costos.

Por su parte, el caso de Bosch permite relacionar el proyecto con la mejora continua, la validación progresiva y la entrega de valor, especialmente en la implementación del nuevo modelo de valorización del residuo de celulosa.

Por ello, el enfoque híbrido resulta adecuado para Lunara Andina S.A., ya que permite mantener control sobre los aspectos normativos y, al mismo tiempo, adaptar el proceso conforme se obtengan resultados y aprendizajes.

1.10.14 Enfoque recomendado para Lunara Andina S.A.

Se recomienda aplicar un enfoque híbrido con predominio ágil, estructurado de la siguiente manera:

Tabla 7

Enfoque híbrido con predominio ágil

Componente del proyecto	Enfoque recomendado	Justificación
Revisión normativa y ambiental	Cascada / predictivo	Requiere cumplimiento formal, documentación, permisos, trazabilidad y control regulatorio.
Selección y contratación del gestor ambiental	Cascada / predictivo	Debe seguir fases definidas: evaluación, aprobación, contratación y control contractual.
Prueba inicial del nuevo modelo de valorización	Ágil	Permite validar el proceso en pequeña escala antes de adoptarlo completamente.
Medición de ahorro por tonelada	Ágil	Requiere revisión frecuente de datos reales y comparación contra el costo actual.
Coordinación entre Producción, Ambiente, Finanzas, Compras y Proveedores	Ágil	Exige comunicación constante, revisión de avances y resolución rápida de impedimentos.
Liberación progresiva de espacio en planta	Ágil	Puede medirse por ciclos, evaluando resultados operativos y ajustando el plan.

Reportes finales y cierre del proyecto	Cascada / predictivo	Requiere documentación formal, conclusiones, indicadores y aprobación institucional.

Bajo este enfoque, el proyecto podría ejecutarse mediante revisiones mensuales, evaluando indicadores clave como toneladas gestionadas, costo por tonelada, ahorro generado, cumplimiento ambiental, desempeño del proveedor y liberación de espacio.

Esto permitiría validar la alternativa de forma progresiva, tomar decisiones con evidencia y reducir riesgos antes de escalar completamente el nuevo modelo. Las primeras entregas de valor podrían ser la validación del gestor ambiental, un piloto de retiro del residuo, la comparación de costos frente al sistema actual y la decisión de implementación definitiva.

1.11 Conclusiones Generales

1. La gestión en cascada y la gestión ágil basada en valor no son enfoques opuestos, sino alternativas que responden a contextos diferentes. La cascada aporta orden, control y trazabilidad; la gestión ágil aporta flexibilidad, aprendizaje y entrega progresiva de valor.

2. El caso Ericsson demuestra que la gestión en cascada es efectiva cuando el alcance, los requisitos técnicos y las condiciones contractuales están claramente definidos. Este enfoque permite controlar fases, reducir riesgos regulatorios y asegurar entregables conforme a especificaciones previamente acordadas.

3. El caso Bosch evidencia que la gestión ágil basada en valor es más adecuada para entornos dinámicos, donde se requiere innovación, adaptación y validación continua.

El uso de ciclos cortos permite entregar valor de forma temprana, incorporar retroalimentación y mejorar los resultados durante la ejecución.

Nota sobre derechos de autor: este trabajo y lo que en él se expone tiene una validez académica, quedando copia de este en la biblioteca digital de Westfield Business School. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otr

4. La calidad, el tiempo y la satisfacción del cliente dependen de cómo se gestione el proyecto, no solo de la metodología utilizada. En cascada, la calidad se controla por fases; en ágil, se construye de forma continua mediante revisión, prueba y mejora permanente.

5. Para proyectos con componentes normativos y operativos, el enfoque híbrido representa una alternativa más equilibrada. Permite mantener control documental y cumplimiento formal, sin perder capacidad de adaptación, validación progresiva y mejora continua.

6. La metodología debe elegirse según el contexto del proyecto, no existe un enfoque universalmente superior, lo importante es seleccionar o combinar herramientas que permitan entregar valor, reducir riesgos y responder a las necesidades reales del proyecto.

1.12 Ejercicio conceptos ágiles (lean)

Tabla 8

Tiempo de valor agregado de las actividades

TIEMPO DE VALOR AGREGADO			
Actividad	**Inicio**	**Fin**	**Minutos de valor agregado**
Revisión inicial de pendientes y planificación del día	8:00	9:00	20
Reunión de seguimiento del proyecto	9:00	10:00	30
Revisión de información técnica y operativa	10:00	11:00	45
Coordinación con áreas involucradas	11:00	12:00	35
Espera de aprobaciones o información pendiente	12:00	13:00	0
Almuerzo	13:00	14:00	0
Análisis de avances, riesgos y restricciones	14:00	15:00	50
Elaboración de reportes o actualización de documentación	15:00	16:00	40
Reprocesos por cambios de prioridad información incompleta	16:00	17:00	10
TOTAL	9:00 horas		230 minutos

De una jornada total de 9 horas, equivalentes a 540 minutos, únicamente 230 minutos generan valor agregado directo para el proyecto.

Esto significa que una parte importante del tiempo se consume en actividades necesarias, pero no siempre productivas, como esperas, reprocesos, reuniones extensas o coordinación sin información completa. Desde la perspectiva Lean, estas actividades

representan oportunidades de mejora porque reducen la eficiencia del equipo y retrasan la generación de valor.

Soluciones para aumentar el tiempo de valor agregado

- Definir prioridades claras antes de iniciar la jornada.
- Solicitar información crítica con anticipación.
- Reducir reuniones extensas y enfocarlas en decisiones concretas.
- Evitar reprocesos por cambios de último momento.
- Establecer responsables y tiempos de respuesta.
- Mejorar la comunicación entre áreas involucradas.
- Trabajar con información validada y actualizada.
- Disminuir tiempos de espera y actividades sin impacto directo

Capítulo 2 Planificación inicial del proyecto

2.1 Introducción

El presente proyecto de investigación se enfoca en la evaluación, optimización y diseño de una estrategia de transición para el modelo de gestión del residuo de celulosa generado por la

empresa Lunara Andina S.A. (nombre protegido bajo estrictos criterios de confidencialidad académica). Esta organización, que cuenta con una trayectoria de diez años en el mercado de papel de consumo masivo y genera ingresos anuales significativos superiores a los 24 millones de dólares, se enfrenta actualmente a un desafío crítico derivado de las limitaciones físicas y logísticas de su modelo de disposición ambiental vigente.

En la actualidad, el residuo de celulosa, catalogado como un subproducto inherente al proceso de manufactura de papel higiénico en la organización, es administrado por un gestor ambiental externo que opera dentro del perímetro de la planta de producción. No obstante, el incremento paulatino en los volúmenes de fabricación, en concomitancia con un espacio geográfico restrictivo, ha generado la saturación de la capacidad de acopio y de la infraestructura interna de almacenamiento.

Esta aglomeración restringe la fluidez operativa y compromete la escalabilidad de la planta a largo plazo. Asimismo, se han identificado las primeras externalidades negativas de carácter ambiental, manifestadas en afectaciones perceptibles sobre la flora y el ecosistema arbóreo colindante, lo que evidencia la insostenibilidad del modelo de disposición vigente.

La persistencia de esta problemática sitúa a la organización en un escenario de vulnerabilidad ante los organismos de control y fiscalización del Estado. La acumulación o un eventual tratamiento inadecuado del material configuran un riesgo inminente de incumplimiento de la normativa ambiental local, lo cual podría desencadenar repercusiones de índole legal, multas de cuantía económica considerable y, fundamentalmente, un menoscabo en su posicionamiento corporativo y en su visión de ser una planta reconocida por la sustentabilidad y bienestar que genera en su entorno.

Ante esta realidad, el propósito central de esta investigación radica en analizar exhaustivamente la factibilidad técnica, económica, legal y operativa de dos rutas estratégicas: la internalización del proceso formal de gestión de residuos o la reestructuración del servicio mediante una tercerización externa con un gestor ambiental dotado de la infraestructura idónea fuera de la planta.

A través de un enfoque metodológico integral que involucra de manera transversal a las áreas de Producción, Ambiente, Finanzas y Compras, se pretende formular una propuesta técnico-económica que garantice la trazabilidad absoluta del desecho, mitigue los pasivos ambientales, elimine los cuellos de botella logísticos y asegure la total observancia del marco regulatorio vigente. De este modo, el proyecto no solo busca solventar una contingencia operativa inmediata, sino dotar a Lunara Andina S.A. de un modelo robusto, predecible y alineado con los principios de la economía circular y la Dirección Ágil de Proyectos.

2.2 Objetivo General

Evaluar y optimizar el modelo actual de gestión del residuo de celulosa generado por Lunara Andina S.A., analizando la factibilidad de implementar un manejo interno o tercerizar

el proceso con un gestor ambiental responsable, a fin de reducir riesgos operativos, ambientales, legales, económicos y sancionatorios.

2.2.1 Objetivos específicos

Gestionar y valorizar 100 toneladas de residuo de celulosa durante la prueba piloto, verificando su recepción y aprovechamiento mediante manifiestos, registros y certificados emitidos por el gestor ambiental autorizado.

Comparar el costo, el tiempo de retiro, el cumplimiento ambiental y el desempeño operativo del modelo piloto frente al sistema actual, utilizando la información recopilada durante las 12 semanas.

Presentar al cierre del piloto un informe técnico-económico con los resultados, riesgos, beneficios y una recomendación sustentada sobre la continuidad, ajuste o descarte del nuevo modelo.

2.3 Datos claves

Para garantizar una adecuada planificación, ejecución y control del proyecto, será necesario recopilar información técnica, operativa, económica y ambiental relacionada con la gestión del residuo de celulosa. Estos datos permitirán realizar el seguimiento del avance, medir el cumplimiento de los objetivos y evaluar la viabilidad de la implementación del nuevo modelo de valorización mediante un gestor ambiental autorizado.

Volumen mensual de residuo de celulosa generado (toneladas)

Permitirá determinar la cantidad de material que deberá ser gestionada y establecer la capacidad operativa requerida para la implementación del nuevo modelo. Esta información

también servirá como base para calcular los costos de gestión y estimar los beneficios económicos del proyecto.

Fuente: Registros mensuales del área de Producción.

Costo de gestión del residuo por tonelada

Se recopilarán los costos asociados al sistema actual de manejo del residuo ($ 27,80 por tonelada) y los costos ofertados por el gestor ambiental autorizado ($ 21,50 por tonelada). Esta

comparación permitirá cuantificar el ahorro económico esperado y evaluar la rentabilidad del proyecto.

Fuente: Departamento Financiero y cotizaciones del proveedor.

Toneladas valorizadas

Se registrará la cantidad de residuo que será aprovechada como materia prima para la elaboración de compost, permitiendo medir el grado de cumplimiento de los objetivos de economía circular. Fuente: Informes del gestor ambiental.

2.3.1 Espacio liberado dentro de la planta

Se medirá el área recuperada como resultado de la reducción del almacenamiento interno del residuo de celulosa. Este indicador permitirá evaluar uno de los principales beneficios operativos del proyecto.

Fuente: Área Ambiental y Producción.

2.3.2 Cumplimiento ambiental

Se verificará el cumplimiento de la normativa ambiental mediante el control de permisos, registros, manifiestos de transporte y certificados emitidos por el gestor ambiental autorizado.

Fuente: Departamento de Gestión Ambiental.

2.3.3 Tiempo de retiro y procesamiento del residuo

Se registrará el tiempo transcurrido entre la generación del residuo y su retiro por parte del gestor ambiental, con el propósito de evaluar la eficiencia logística del nuevo proceso.

Fuente: Registros operativos y logísticos.

2.3.4 Indicadores económicos del proyecto

Se realizará el seguimiento del ahorro mensual generado, la reducción de costos operativos y la comparación entre el sistema actual y el nuevo modelo de valorización.

Fuente: Área Financiera.

2.3.5 Nivel de satisfacción de las áreas involucradas

Se aplicarán encuestas a los departamentos de Producción, Ambiente, Compras y Finanzas para conocer su percepción respecto al desempeño del nuevo sistema de gestión del residuo.

Fuente: Encuestas internas.

2.3.6 Uso de la información

La información recopilada será analizada de manera mensual mediante indicadores de desempeño (KPIs), permitiendo monitorear el avance del proyecto, identificar desviaciones,

implementar acciones correctivas y facilitar la toma de decisiones oportunas por parte del equipo responsable.

2.4 Alcance del Proyecto

2.4.1 Definición del alcance del proyecto

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar, evaluar e implementar una prueba piloto para optimizar la gestión del residuo de celulosa generado en la empresa papelera, mediante la transición del esquema actual de recuperación de suelo hacia un modelo de valorización basado en economía circular.

La propuesta contempla la selección y contratación de un gestor ambiental autorizado que retire el residuo de las instalaciones de la empresa para su aprovechamiento en la producción de

compost, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y evaluando la viabilidad técnica, económica, operativa y ambiental de esta alternativa.

El proyecto comprende el análisis del proceso actual de gestión del residuo, la recopilación y evaluación de información técnica, económica y ambiental, la comparación de costos entre el modelo vigente y la propuesta, la implementación de una prueba piloto, el seguimiento de indicadores de desempeño y la formulación de recomendaciones para una eventual implementación a escala permanente.

Aunque el proyecto considera las alternativas de manejo interno y tercerización, la prueba piloto se enfocará únicamente en validar la valorización externa mediante un gestor ambiental autorizado. La implementación de infraestructura y gestión interna permanente queda fuera del alcance de esta fase.

2.4.2 Límites del alcance

Actividades incluidas dentro del alcance

El proyecto incluye las siguientes actividades:

- Levantamiento y análisis de la información relacionada con la generación y manejo del residuo de celulosa.
- Diagnóstico técnico, operativo, económico y ambiental del sistema actual.
- Revisión de los resultados de caracterización del residuo mediante análisis CRETIB para validar que el material no presenta características de peligrosidad.
- Evaluación técnica, económica, legal y ambiental de proveedores que cuenten con autorización como gestores ambientales.

- Selección del gestor ambiental que ofrezca las mejores condiciones técnicas, legales y económicas.
- Formalización del proceso de contratación del gestor seleccionado.
- Implementación de una prueba piloto para el retiro, transporte y valorización del residuo de celulosa.
- Seguimiento de indicadores de desempeño relacionados con costos, toneladas gestionadas, cumplimiento ambiental, tiempos de retiro y liberación de espacio en la planta.
- Evaluación de los resultados obtenidos durante la prueba piloto.
- Elaboración de una propuesta técnica y económica para la implementación definitiva del nuevo modelo de gestión.

Actividades fuera del alcance

No forman parte del presente proyecto las siguientes actividades:

- Modificaciones al proceso industrial de fabricación de papel.
- Construcción o ampliación de infraestructura para almacenamiento o tratamiento del residuo dentro de la empresa.
- Compra de maquinaria o equipos para el procesamiento del residuo.
- Producción, comercialización o distribución del compost elaborado por el gestor ambiental.
- Gestión de otros residuos industriales diferentes al residuo de celulosa.
- Implementación definitiva del nuevo modelo en toda la operación, ya que esta dependerá de los resultados obtenidos durante la prueba piloto y de la aprobación de la alta dirección.

- Cambios en permisos ambientales o modificaciones al Registro Ambiental vigente de la empresa.

2.4.3 Entregables principales del proyecto

Los principales entregables que se generarán durante la ejecución del proyecto se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 9

Entregables Proyecto

N.º	**Entregable**	**Descripción**	**Criterio de aceptación**
1	Acta de inicio del proyecto	Documento que formaliza el inicio del proyecto, define objetivos, alcance, responsables y recursos.	Acta aprobada por la Gerencia y el patrocinador del proyecto.
2	Diagnóstico del proceso actual	Análisis de la situación actual del manejo del residuo de celulosa, incluyendo generación, costos, proceso operativo y limitaciones del sistema vigente.	Diagnóstico validado por las áreas de Producción y Gestión Ambiental.
3	Informe de caracterización del residuo	Documento técnico que recopila los resultados de	Informe técnico revisado y aprobado por el área ambiental.
		los análisis CRETIB y confirma que el residuo de celulosa no presenta características de peligrosidad y es apto para su valorización.	
4	Evaluación y selección del gestor ambiental	Informe comparativo de proveedores considerando criterios técnicos, legales, ambientales, operativos y económicos.	Proveedor seleccionado que cumpla el 100 % de los requisitos establecidos por la empresa.
5	Contrato o acuerdo de prestación de servicios	Formalización contractual con el gestor ambiental autorizado para la ejecución de la prueba piloto.	Contrato firmado por ambas partes.
6	Plan de implementación de la prueba piloto	Documento que establece actividades, cronograma,	Plan aprobado por el equipo del proyecto.
		recursos, responsables, indicadores y procedimientos para ejecutar la prueba piloto.	
7	Ejecución de la prueba piloto	Implementación del retiro, transporte y valorización del residuo mediante el gestor ambiental autorizado.	Prueba piloto ejecutada conforme al cronograma y sin incumplimientos ambientales.

8	Informe de seguimiento de indicadores	Reporte de los resultados obtenidos durante la	Indicadores medidos y validados por el equipo del proyecto.
		prueba piloto, incluyendo toneladas gestionadas, costos, tiempos de retiro, cumplimiento ambiental y liberación de espacio.	
9	Análisis costo-beneficio	Comparación técnica y económica entre el modelo actual y el modelo propuesto, cuantificando el ahorro generado y los beneficios operativos y ambientales.	Informe financiero aprobado por la Gerencia Financiera.
10	Informe final del proyecto	Documento que consolida los resultados del	Informe aprobado por la Gerencia y patrocinador del proyecto.
		proyecto, las lecciones aprendidas, conclusiones y recomendaciones para la implementación definitiva del nuevo modelo de gestión.	

Entregable final del proyecto

El principal resultado esperado será una propuesta técnica, económica y ambientalmente viable para la valorización del residuo de celulosa mediante un gestor ambiental autorizado, sustentada en los resultados obtenidos durante la prueba piloto. Esta propuesta permitirá a la empresa tomar una decisión informada sobre la implementación permanente del nuevo modelo de gestión, contribuyendo a la reducción de costos, la optimización del espacio disponible y el fortalecimiento de su estrategia de economía circular.

2.4.4 Criterios de aceptación

El proyecto se considerará satisfactorio cuando:

- Se valide la viabilidad técnica y ambiental del aprovechamiento del residuo de celulosa mediante un gestor autorizado.
- Se demuestre una reducción del costo de gestión respecto al esquema actual, pasando de $ 27,80 a $ 21,50 por tonelada.

- Se garantice el cumplimiento de la normativa ambiental y la trazabilidad del residuo durante todo el proceso.
- Se evidencie la liberación progresiva del espacio utilizado actualmente para la recuperación de suelo.
- Se entregue toda la documentación técnica, económica y ambiental requerida para respaldar la decisión de implementar el nuevo modelo de gestión de manera permanente.

2.5 Metodología de Gestión de Proyectos

Para la ejecución del proyecto se aplicará una metodología híbrida con predominio ágil, combinando planificación formal con validación progresiva durante la prueba piloto.

El enfoque predictivo se utilizará en las actividades que requieren control documental, trazabilidad y aprobación formal, como la revisión de requisitos ambientales, la evaluación y selección del gestor autorizado, la contratación, el control presupuestario y la elaboración del informe final.

El enfoque ágil se aplicará durante la prueba piloto de valorización del residuo de celulosa, mediante ciclos cortos de seguimiento que permitan revisar resultados, identificar desviaciones e implementar mejoras oportunamente.

Durante la ejecución se controlarán indicadores como toneladas gestionadas, costo por tonelada, cumplimiento ambiental, tiempos de retiro, desempeño del gestor, liberación de espacio y satisfacción de las áreas involucradas.

La finalidad del proyecto no es implementar inmediatamente el nuevo modelo, sino comprobar su viabilidad técnica, económica, ambiental y operativa. Con base en los resultados

del piloto, se presentará una recomendación para determinar si corresponde adoptarlo de manera permanente.

El seguimiento estará a cargo de las áreas de Producción, Ambiente, Finanzas, Compras y Gestión de Proveedores, que revisarán avances, entregables, riesgos y posibles cambios en alcance, tiempo y costo.

Tabla 10

Metodología Gestión Proyectos

Componente del proyecto	Enfoque aplicado	Justificación
Revisión normativa y ambiental	Predictivo	Requiere cumplimiento formal, permisos, trazabilidad documental y control regulatorio.
Evaluación y selección del gestor ambiental	Predictivo	Debe seguir criterios técnicos, económicos, legales y ambientales previamente definidos.
Formalización contractual	Predictivo	Requiere aprobación, responsabilidades claras, condiciones de servicio y respaldo documental.
Ejecución de la prueba piloto	Ágil	Permite validar el nuevo modelo en condiciones reales y realizar ajustes durante la ejecución.
Seguimiento de indicadores	Ágil	Facilita revisar datos periódicamente y tomar decisiones con base en resultados medibles.
Coordinación entre áreas	Ágil	Requiere comunicación continua para resolver impedimentos y asegurar la continuidad operativa.
Informe final y recomendación	Predictivo	Debe consolidar resultados, evidencias, análisis costo-beneficio y recomendación institucional.

En síntesis, la metodología híbrida permitirá mantener el control necesario sobre los aspectos normativos, contractuales y presupuestarios, sin perder flexibilidad durante la prueba piloto. De esta manera, el proyecto podrá validar progresivamente la alternativa de valorización

del residuo de celulosa, reducir riesgos y generar una recomendación técnicamente sustentada sobre la conveniencia de implementar el nuevo modelo de manera permanente.

2.6 Cronograma Inicial

El proyecto se desarrollará durante un período estimado de 12 semanas, tiempo suficiente para planificar, implementar, evaluar y documentar la transición hacia el nuevo modelo de valorización del residuo de celulosa. El cronograma inicial podrá ajustarse de acuerdo con los resultados obtenidos durante la ejecución.

Tabla 11

Cronograma Inicial

Fase	**Actividad principal**	**Duración / período**	**Entregable**
1	Inicio y planificación del proyecto	Semana 1	Acta de constitución y plan de gestión
2	Recolección y análisis de información técnica, económica y ambiental	Semanas 1–2	Diagnóstico y línea base validados
3	Evaluación, selección y aprobación del gestor ambiental	Semanas 3–4	Informe de evaluación y proveedor aprobado
4	Contratación, preparación logística y capacitación	Semana 5	Contrato, plan logístico y personal capacitado; autorización del piloto
5	Ejecución de los seis retiros y seguimiento de la valorización de 100 toneladas	Semanas 6–11	Pesajes, registros de recepción y evidencias de valorización
6	Seguimiento de costos, volumen, trazabilidad y cumplimiento ambiental	Semanas 6–11	Indicadores actualizados y expedientes por retiro
7	Evaluación progresiva y aplicación de ajustes autorizados	Semanas 8–11	Evaluaciones y registro de acciones de mejora
8	Evaluación final, decisión y cierre	Semana 12	Informe final, lecciones aprendidas y decisión de continuar, ajustar o descartar

2.7 Presupuesto Inicial

Para elaborar este presupuesto inicial, se tomó como referencia una prueba piloto de 100 toneladas de residuo de celulosa.

2.7.1 Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular

El presupuesto inicial estima los recursos financieros, materiales y humanos necesarios para diseñar, ejecutar y evaluar una prueba piloto controlada de valorización del residuo de celulosa. La estimación se limita a la fase de validación y no representa la implementación definitiva del nuevo modelo de gestión. Esta delimitación reduce la exposición financiera, permite comprobar los supuestos técnicos y económicos y mantiene el equilibrio entre alcance, tiempo y costo.

2.7.2 Alcance presupuestario de la prueba piloto

El presupuesto contempla la gestión piloto de 100 toneladas de residuo de celulosa mediante un gestor ambiental autorizado. La prueba permitirá validar el retiro, transporte, recepción, procesamiento, trazabilidad documental, cumplimiento ambiental, costos reales y capacidad de respuesta del proveedor antes de recomendar una implementación permanente.

Tabla 12

Alcance Presupuesto

Delimitación	Descripción
Incluido en el presupuesto	Retiro, transporte y procesamiento de 100 toneladas; verificaciones técnicas y documentales; capacitación operativa; materiales de control y trazabilidad; seguimiento, evaluación y contingencia.

Fuera del presupuesto	Construcción de una planta propia de compostaje; compra de maquinaria o vehículos; contratación permanente de personal; comercialización del compost; cambios al proceso productivo; implementación total del modelo.

2.7.3 Supuestos para la estimación

• Volumen piloto: 100 toneladas de residuo de celulosa.

• Costo ofertado por el gestor externo: $21,50 por tonelada, incluyendo movimiento y procesamiento.

• Costo actual del sistema vigente: $27,80 por tonelada.

• La empresa utilizará personal, espacios y equipos existentes; no se prevén nuevas contrataciones permanentes.

• Los valores de análisis, capacitación, documentación y materiales son estimaciones preliminares sujetas a cotización y aprobación interna.

• Se incluye una reserva de contingencia del 10 % para variaciones menores o necesidades no previstas.

2.7.4 Presupuesto estimado

Tabla 13

Presupuesto Estimado

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo estimado
Gestión externa del residuo	Retiro, transporte, recepción y procesamiento	100 t	$ 21,50	$ 2.150,00
Análisis técnico complementario	Verificación de condiciones del residuo para su aprovechamiento	1 servicio	$ 450,00	$ 450,00

Revisión documental y ambiental	Validación de permisos, registros, certificados y trazabilidad	1 proceso	$ 300,00	$ 300,00
Capacitación operativa	Inducción sobre pesaje, almacenamiento, entrega y registro	1 jornada	$ 250,00	$ 250,00
Materiales de control y seguridad	Señalización, etiquetas, formularios y materiales complementarios	1 lote	$ 180,00	$ 180,00
Registro y trazabilidad	Actas de entrega, consolidación de pesajes y archivo de certificados	1 lote	$ 120,00	$ 120,00
			Subtotal	$ 3.450,00
			Contingencia (10 %)	$ 345,00
			PRESUPUESTO INICIAL ESTIMADO	$ 3.795,00

Nota: Los rubros distintos al costo por tonelada son preliminares y deberán confirmarse mediante cotizaciones antes de aprobar la ejecución.

2.7.5 Comparación económica del costo directo

Tabla 14

Comparación Económica

Concepto	Sistema actual	Prueba piloto	Diferencia / ahorro
Volumen evaluado	100 toneladas	100 toneladas	—
Costo por tonelada	$ 27,80	$ 21,50	$ 6,30
Costo directo total	$ 2.780,00	$ 2.150,00	$ 630,00

La alternativa propuesta reduce el costo directo de gestión en $ 6,30 por tonelada, equivalente a una disminución aproximada del 22,66 %. Para el volumen piloto, el ahorro directo estimado es de $630,00. Los demás rubros corresponden a la preparación y validación inicial del modelo y no necesariamente se repetirán con la misma intensidad durante la operación regular.

El presupuesto total del piloto, estimado en $ 3.795,00, no representa únicamente el costo recurrente de gestión del residuo. Incluye verificaciones técnicas y documentales, capacitación, materiales de control y contingencia necesarios para validar la alternativa y generar evidencia para la decisión final. Por esta razón, la comparación del ahorro debe realizarse sobre el costo directo por tonelada: $ 2.780,00 en el sistema actual frente a $ 2.150,00 en la alternativa piloto.

2.7.6 Recursos humanos y materiales

Tabla 15

Recursos humanos y materiales

Tipo de recurso	**Requerimiento**
Personal interno	Representantes de Producción, Ambiente, Finanzas, Compras y Gestión de Proveedores.
Personal externo	Gestor ambiental autorizado, transportista y laboratorio, cuando corresponda.
Equipos existentes	Sistema de pesaje, equipos de protección personal y medios de comunicación.
Documentación	Permisos, registros de transporte, actas de entrega, certificados de recepción y valorización.
Información de control	Toneladas gestionadas, costo por tonelada, fechas de retiro, tiempos de carga, incidencias y resultados.
Espacio operativo	Área temporal delimitada y señalizada para el residuo antes del retiro.

2.7.7 Control del presupuesto y gestión de cambios

El seguimiento financiero se realizará mediante una matriz que compare el presupuesto aprobado, el valor comprometido, el valor ejecutado, la desviación monetaria, la desviación porcentual, su causa y la acción correctiva. Cualquier variación superior al 10 % del presupuesto total o cualquier solicitud que amplíe el volumen, el periodo, los análisis o los entregables deberá

someterse a revisión conjunta de Finanzas, Ambiente y la dirección del proyecto antes de ser aprobada.

1. Verificación documental del gestor y vigencia de permisos.
2. Confirmación del volumen piloto, precio y servicios incluidos.
3. Aprobación de la programación operativa y del presupuesto.
4. Ejecución del retiro, transporte y procesamiento.
5. Recepción de certificados, respaldos y resultados.
6. Evaluación final técnica, económica, ambiental y operativa.

2.7.8 Criterios de aceptación financiera y operativa

• Costo real del servicio igual o inferior al límite aprobado, salvo variaciones justificadas y autorizadas.

• Trazabilidad documental del 100 % del residuo retirado.

• Entrega completa de certificados y respaldos del gestor.

• Ausencia de interrupciones relevantes en la producción.

• Cumplimiento de permisos, requisitos ambientales y condiciones de seguridad.

• Capacidad demostrada del gestor para recibir y procesar el volumen planificado.

• Evidencia de reducción de la acumulación y liberación de espacio en planta.

• Informe final aprobado por las áreas involucradas.

2.7.9 Conclusión del presupuesto inicial

El presupuesto preliminar para una prueba piloto referencial de 100 toneladas es de $ 3.795,00 e incluye la gestión del residuo, verificaciones, capacitación, materiales y contingencia. La operación directa generaría un ahorro potencial de $ 630,00 frente al sistema actual. El piloto

permitirá evaluar la viabilidad de una implementación futura con una exposición financiera limitada y controles sobre alcance, tiempo, costo, calidad y cumplimiento ambiental.

2.8 Conclusiones Generales

La planificación inicial establece una base clara para evaluar la valorización externa del residuo de celulosa mediante una prueba piloto de 100 toneladas y una duración de 12 semanas. El alcance, los entregables, los datos requeridos, el cronograma y el presupuesto permiten controlar de forma integrada el desempeño técnico, económico, ambiental y operativo del proyecto.

El piloto permitirá comprobar si el nuevo modelo puede reducir el costo directo de gestión de $ 27,80 a $ 21,50 por tonelada, mantener la trazabilidad documental, prevenir incumplimientos ambientales y disminuir la acumulación de material dentro de la planta. Los resultados servirán para formular una recomendación sustentada sobre la continuidad, modificación o descarte de la alternativa evaluada.

Por tratarse de una planificación inicial, el alcance, el cronograma y el presupuesto podrán ajustarse durante la ejecución, siempre que cualquier cambio sea evaluado, documentado y aprobado considerando su impacto en tiempo, costo, calidad y cumplimiento ambiental.

Capítulo 3

Plan del proyecto integral

3.1 Introducción

El presente proyecto de investigación se enfoca en la evaluación, optimización y diseño de una estrategia de transición para el modelo de gestión del residuo de celulosa generado por la empresa Lunara Andina S.A. (nombre protegido bajo estrictos criterios de confidencialidad

académica). Esta organización, que cuenta con una trayectoria de diez años en el mercado de papel de consumo masivo y genera ingresos anuales significativos superiores a los 24 millones de dólares, se enfrenta actualmente a un desafío crítico derivado de las limitaciones físicas y logísticas de su modelo de disposición ambiental vigente.

En la actualidad, el residuo de celulosa, catalogado como un subproducto inherente al proceso de manufactura de papel higiénico en la organización, es administrado por un gestor ambiental externo que opera dentro del perímetro de la planta de producción. No obstante, el incremento paulatino en los volúmenes de fabricación, en concomitancia con un espacio geográfico restrictivo, ha generado la saturación de la capacidad de acopio y de la infraestructura interna de almacenamiento.

Esta aglomeración restringe la fluidez operativa y compromete la escalabilidad de la planta a largo plazo. Asimismo, se han identificado las primeras externalidades negativas de carácter ambiental, manifestadas en afectaciones perceptibles sobre la flora y el ecosistema arbóreo colindante, lo que evidencia la insostenibilidad del modelo de disposición vigente.

La persistencia de esta problemática sitúa a la organización en un escenario de vulnerabilidad ante los organismos de control y fiscalización del Estado. La acumulación o un eventual tratamiento inadecuado del material configuran un riesgo inminente de incumplimiento de la normativa ambiental local, lo cual podría desencadenar repercusiones de índole legal, multas de cuantía económica considerable y, fundamentalmente, un menoscabo en su posicionamiento corporativo y en su visión de ser una planta reconocida por la sustentabilidad y bienestar que genera en su entorno.

Ante esta realidad, el propósito central de esta investigación radica en analizar exhaustivamente la factibilidad técnica, económica, legal y operativa de dos rutas estratégicas: la internalización del proceso formal de gestión de residuos o la reestructuración del servicio mediante una tercerización externa con un gestor ambiental dotado de la infraestructura idónea fuera de la planta.

A través de un enfoque metodológico integral que involucra de manera transversal a las áreas de Producción, Ambiente, Finanzas y Compras, se pretende formular una propuesta técnico-económica que garantice la trazabilidad absoluta del desecho, mitigue los pasivos ambientales, elimine los cuellos de botella logísticos y asegure la total observancia del marco regulatorio vigente. De este modo, el proyecto no solo busca solventar una contingencia operativa inmediata, sino dotar a Lunara Andina S.A. de un modelo robusto, predecible y alineado con los principios de la economía circular y la Dirección Ágil de Proyectos.

3.2 Plan de Proyecto Integral

3.2.1 Breve descripción del Proyecto seleccionado.

El proyecto "Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular", desarrollado para la empresa Lunara Andina S.A., surge como una iniciativa orientada a transformar el modelo actual de gestión del residuo de celulosa generado durante el proceso de fabricación de papel higiénico. Actualmente, dicho residuo es destinado a un proceso de recuperación de suelo dentro de las instalaciones de la empresa, cumpliendo con la normativa ambiental vigente; sin embargo, el incremento continuo en el volumen generado y la limitada capacidad física disponible hacen necesario implementar una alternativa que garantice una gestión más eficiente y sostenible.

La propuesta plantea sustituir el sistema tradicional por un modelo de valorización del residuo mediante la contratación de un gestor ambiental autorizado, quien utilizará el material como materia prima para la elaboración de compost. Esta alternativa no solo representa una reducción en los costos de gestión por tonelada procesada, sino que también fortalece la estrategia de sostenibilidad corporativa mediante la aplicación de los principios de economía circular, promoviendo el aprovechamiento de residuos, la optimización de recursos y la disminución de impactos ambientales.

Asimismo, el proyecto incorpora un enfoque de gestión híbrido con predominio ágil, permitiendo combinar el cumplimiento de requisitos regulatorios con una implementación progresiva basada en la generación continua de valor, facilitando la adaptación, el monitoreo permanente y la mejora continua durante todas las etapas del proyecto.

3.2.2 Propósito del plan de Proyecto

El propósito del presente Plan de Proyecto consiste en establecer una guía metodológica que permita planificar, organizar, ejecutar, controlar y cerrar de manera efectiva la implementación del nuevo modelo de valorización del residuo de celulosa en Lunara Andina S.A. El plan define los objetivos estratégicos, el alcance, los entregables, los recursos necesarios, los responsables, los riesgos potenciales y los mecanismos de seguimiento que garantizarán el cumplimiento de las metas propuestas.

De igual manera, el plan busca asegurar que todas las actividades se desarrollen bajo criterios de eficiencia operativa, sostenibilidad ambiental, cumplimiento legal y optimización de costos, permitiendo que la organización tome decisiones fundamentadas en indicadores objetivos durante todo el ciclo de vida del proyecto. Además, constituye un instrumento de comunicación

entre las diferentes áreas involucradas: Producción, Ambiente, Finanzas, Compras y Gestión de Proveedores facilitando la coordinación, la asignación de responsabilidades y el seguimiento de los resultados obtenidos.

3.3 Enunciado del Alcance

3.3.1 Descripción detallada de los objetivos, entregables y limitaciones del proyecto.

3.3.1.1 Objetivo general

Implementar un modelo de valorización del residuo de celulosa generado por Lunara Andina S.A. mediante la contratación de un gestor ambiental autorizado que permita transformar dicho residuo en compost, reduciendo los costos operativos, optimizando el uso del espacio físico disponible y fortaleciendo la estrategia de sostenibilidad y economía circular de la organización, minimizando simultáneamente los riesgos operativos, ambientales, legales y económicos.

3.3.1.2 Objetivos específicos

- Analizar el sistema actual de gestión del residuo de celulosa e identificar sus principales limitaciones operativas, ambientales y económicas.
- Evaluar técnica, legal y financieramente la alternativa de valorización mediante un gestor ambiental autorizado.
- Comparar los costos entre el sistema vigente y la propuesta de valorización para determinar los beneficios económicos del proyecto.
- Implementar un plan piloto que permita validar el nuevo modelo de gestión antes de su adopción definitiva.

- Establecer indicadores de desempeño que faciliten el seguimiento del ahorro económico, el cumplimiento ambiental y la eficiencia operativa del nuevo proceso.

3.3.1.3 Entregables del proyecto

Como resultado de la ejecución del proyecto se espera obtener los siguientes entregables:

- Diagnóstico técnico del sistema actual de gestión del residuo.
- Evaluación técnica, económica, ambiental y legal de la alternativa propuesta.
- Selección y contratación del gestor ambiental autorizado.
- Implementación de una prueba piloto para la valorización del residuo.
- Reportes de medición del ahorro por tonelada gestionada.
- Indicadores de desempeño relacionados con costos, toneladas valorizadas, cumplimiento ambiental y liberación de espacio en planta.
- Informe final del proyecto con resultados, conclusiones y recomendaciones para su implementación definitiva.

3.3.1.4 Limitaciones del proyecto

El desarrollo del proyecto presenta diversas restricciones que deben ser consideradas durante su planificación y ejecución:

- Disponibilidad limitada de información técnica y financiera debido a la confidencialidad de la empresa.
- Dependencia de la aprobación y disponibilidad del gestor ambiental autorizado.
- Cumplimiento obligatorio de la normativa ambiental vigente y de los requisitos regulatorios aplicables.

- Posible resistencia al cambio por parte del personal involucrado en la operación actual.
- Disponibilidad presupuestaria para ejecutar la transición hacia el nuevo modelo de gestión.
- Variabilidad en el volumen de residuos generados durante la operación de la planta, lo cual puede influir en los ahorros proyectados.

3.3.2 Identificación de los stakeholders clave y sus expectativas

Tabla 16

Stakeholders

Stakeholder	**Rol dentro del proyecto**	**Principales expectativas**
Alta Dirección de Lunara Andina S.A.	Aprobación estratégica y asignación de recursos	Reducción de costos, sostenibilidad y cumplimiento de objetivos corporativos.
Área de Producción	Generación y entrega del residuo	Mantener la continuidad operativa sin afectar la producción.
Área Ambiental	Supervisión del cumplimiento legal y ambiental	Cumplimiento normativo, reducción de impactos ambientales y correcta trazabilidad del residuo.
Área de Finanzas	Evaluación económica del proyecto	Obtener ahorro económico, optimizar el presupuesto y mejorar la rentabilidad.
Compras y Gestión de Proveedores	Selección y contratación del gestor ambiental	Contratar un proveedor confiable, eficiente y competitivo.
Gestor Ambiental Autorizado	Ejecución del servicio de valorización	Cumplir los niveles de servicio, tiempos establecidos y requisitos ambientales.
Organismos de Control Ambiental	Supervisión regulatoria	Garantizar el cumplimiento de la legislación ambiental vigente.

Comunidad y sociedad	Beneficiarios indirectos	Reducción de impactos ambientales y promoción de prácticas de economía circular.

El éxito del proyecto depende de la participación coordinada de los diferentes grupos de interés que

intervienen tanto en la operación como en la toma de decisiones estratégicas de la organización.

3.4 Datos claves

Para garantizar una adecuada planificación, ejecución y control del proyecto, será necesario recopilar información técnica, operativa, económica y ambiental relacionada con la gestión del residuo de celulosa. Estos datos permitirán realizar el seguimiento del avance, medir el cumplimiento de los objetivos y evaluar la viabilidad de la implementación del nuevo modelo de valorización mediante un gestor ambiental autorizado.

3.4.1 Volumen mensual de residuo de celulosa generado (toneladas)

Permitirá determinar la cantidad de material que deberá ser gestionada y establecer la capacidad operativa requerida para la implementación del nuevo modelo. Esta información también servirá como base para calcular los costos de gestión y estimar los beneficios económicos del proyecto.

Fuente: Registros mensuales del área de Producción.

3.4.2 Costo de gestión del residuo por tonelada

Se recopilarán los costos asociados al sistema actual de manejo del residuo ($ 27,80 por tonelada) y los costos ofertados por el gestor ambiental autorizado ($ 21,50 por tonelada). Esta

comparación permitirá cuantificar el ahorro económico esperado y evaluar la rentabilidad del proyecto.

Fuente: Departamento Financiero y cotizaciones del proveedor.

3.4.3 Toneladas valorizadas

Se registrará la cantidad de residuo que será aprovechada como materia prima para la elaboración de compost, permitiendo medir el grado de cumplimiento de los objetivos de economía circular. Fuente: Informes del gestor ambiental.

3.4.4 Espacio liberado dentro de la planta

Se medirá el área recuperada como resultado de la reducción del almacenamiento interno del residuo de celulosa. Este indicador permitirá evaluar uno de los principales beneficios operativos del proyecto.

Fuente: Área Ambiental y Producción.

3.4.5 Cumplimiento ambiental

Se verificará el cumplimiento de la normativa ambiental mediante el control de permisos, registros, manifiestos de transporte y certificados emitidos por el gestor ambiental

autorizado.

Fuente: Departamento de Gestión Ambiental.

3.4.6 Tiempo de retiro y procesamiento del residuo

Se registrará el tiempo transcurrido entre la generación del residuo y su retiro por parte del gestor ambiental, con el propósito de evaluar la eficiencia logística del nuevo proceso.

Fuente: Registros operativos y logísticos.

3.4.7 Indicadores económicos del proyecto

Se realizará el seguimiento del ahorro mensual generado, la reducción de costos operativos y la comparación entre el sistema actual y el nuevo modelo de valorización.

Fuente: Área Financiera.

3.4.8 Nivel de satisfacción de las áreas involucradas

Se aplicarán encuestas a los departamentos de Producción, Ambiente, Compras y Finanzas para conocer su percepción respecto al desempeño del nuevo sistema de gestión del residuo.

Fuente: Encuestas internas.

3.4.9 Uso de la información

La información recopilada será analizada de manera mensual mediante indicadores de desempeño (KPIs), permitiendo monitorear el avance del proyecto, identificar desviaciones, implementar acciones correctivas y facilitar la toma de decisiones oportunas por parte del equipo responsable.

3.4.10 Estructura de Descomposición del Trabajo (WBS)

El propósito de la Estructura de Descomposición del Trabajo (Work Breakdown Structure – WBS) es dividir el proyecto en componentes más pequeños y manejables, facilitando la planificación, la asignación de responsabilidades, el control de costos, el seguimiento del cronograma y la gestión de riesgos.

Para el proyecto "Implementación de un modelo de economía circular para la valorización del residuo de celulosa mediante la producción de compost", la descomposición del

trabajo se desarrolló considerando todas las actividades necesarias para cumplir los objetivos del proyecto, desde la planificación hasta el cierre y la entrega de la propuesta de implementación.

El siguiente cuadro resume el propósito de cada paquete de trabajo definido en la estructura de descomposición.

Tabla 17

Propósito de Trabajo

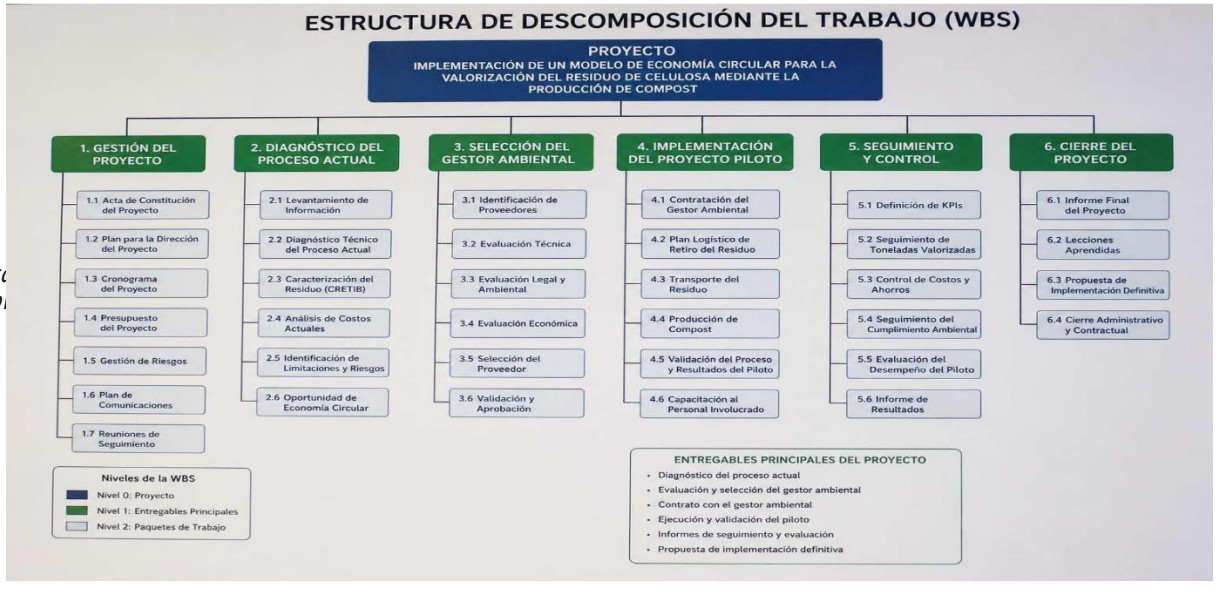
Código	**Paquete de trabajo**	**Resultado esperado**
1.0	Gestión del Proyecto	Dirección, planificación y control integral del proyecto.
2.0	Diagnóstico del proceso actual	Identificación de la situación actual del manejo del residuo de celulosa.
3.0	Selección del gestor ambiental	Contratación del proveedor que cumpla los requisitos técnicos, legales y económicos.
4.0	Implementación del plan piloto	Ejecución del retiro y valorización del residuo mediante producción de compost.
5.0	Seguimiento y control	Medición del desempeño técnico, económico y ambiental del piloto.
6.0	Cierre del proyecto	Presentación de resultados, lecciones aprendidas y propuesta de implementación definitiva.

El procesamiento se realizará progresivamente por cada carga recibida. La fecha del 20 de marzo de 2027 es tentativa y deberá confirmarse con el gestor, considerando el tiempo necesario para procesar la última carga. Si las evidencias de valorización no están disponibles, se ajustará el cronograma y se aplazará el cierre operativo del piloto.

Tabla 18

Estructura de Descomposición del trabajo

Nota
la b
con



La estructura propuesta descompone el proyecto en seis componentes principales que abarcan la totalidad del alcance definido. Cada componente se subdivide en entregables y paquetes de trabajo específicos, permitiendo una planificación más precisa de los recursos, la asignación clara de responsabilidades y un seguimiento sistemático del avance.

La utilización de diferentes niveles de detalle facilita el control del cronograma, el presupuesto, los riesgos y la calidad de los entregables, garantizando que todas las actividades necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto sean ejecutadas de forma organizada y alineadas con las buenas prácticas de la Dirección de Proyectos establecidas por el PMI.

3.5 Alcance del Proyecto

3.5.1 Definición del alcance del proyecto

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar, evaluar e implementar una prueba piloto para optimizar la gestión del residuo de celulosa generado en la empresa papelera, mediante la transición del esquema actual de recuperación de suelo hacia un modelo de valorización basado en economía circular.

La propuesta contempla la selección y contratación de un gestor ambiental autorizado que retire el residuo de las instalaciones de la empresa para su aprovechamiento en la producción de

compost, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y evaluando la viabilidad técnica, económica, operativa y ambiental de esta alternativa.

El proyecto comprende el análisis del proceso actual de gestión del residuo, la recopilación y evaluación de información técnica, económica y ambiental, la comparación de costos entre el modelo vigente y la propuesta, la implementación de una prueba piloto, el seguimiento de indicadores de desempeño y la formulación de recomendaciones para una eventual implementación a escala permanente.

Aunque el proyecto considera las alternativas de manejo interno y tercerización, la prueba piloto se enfocará únicamente en validar la valorización externa mediante un gestor ambiental autorizado. La implementación de infraestructura y gestión interna permanente queda fuera del alcance de esta fase.

3.5.2 Límites del alcance

Actividades incluidas dentro del alcance

El proyecto incluye las siguientes actividades:

- Levantamiento y análisis de la información relacionada con la generación y manejo del residuo de celulosa.
- Diagnóstico técnico, operativo, económico y ambiental del sistema actual.
- Revisión de los resultados de caracterización del residuo mediante análisis CRETIB para validar que el material no presenta características de peligrosidad.
- Evaluación técnica, económica, legal y ambiental de proveedores que cuenten con autorización como gestores ambientales.

- Selección del gestor ambiental que ofrezca las mejores condiciones técnicas, legales y económicas.
- Formalización del proceso de contratación del gestor seleccionado.
- Implementación de una prueba piloto para el retiro, transporte y valorización del residuo de celulosa.
- Seguimiento de indicadores de desempeño relacionados con costos, toneladas gestionadas, cumplimiento ambiental, tiempos de retiro y liberación de espacio en la planta.
- Evaluación de los resultados obtenidos durante la prueba piloto.
- Elaboración de una propuesta técnica y económica para la implementación definitiva del nuevo modelo de gestión.

3.5.2.1 Actividades fuera del alcance

No forman parte del presente proyecto las siguientes actividades:

- Modificaciones al proceso industrial de fabricación de papel.
- Construcción o ampliación de infraestructura para almacenamiento o tratamiento del residuo dentro de la empresa.
- Compra de maquinaria o equipos para el procesamiento del residuo.
- Producción, comercialización o distribución del compost elaborado por el gestor ambiental.
- Gestión de otros residuos industriales diferentes al residuo de celulosa.
- Implementación definitiva del nuevo modelo en toda la operación, ya que esta dependerá de los resultados obtenidos durante la prueba piloto y de la aprobación de la alta dirección.

- Cambios en permisos ambientales o modificaciones al Registro Ambiental vigente de la empresa.

3.5.3 Entregables principales del proyecto

Los principales entregables que se generarán durante la ejecución del proyecto se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 19

Entregables Proyecto Entregable final del proyecto

N.º	**Entregable**	**Descripción**	**Criterio de aceptación**
1	Acta de inicio del proyecto	Documento que formaliza el inicio del proyecto, define objetivos, alcance, responsables y recursos.	Acta aprobada por la Gerencia y el patrocinador del proyecto.
2	Diagnóstico del proceso actual	Análisis de la situación actual del manejo del residuo de celulosa, incluyendo generación, costos, proceso operativo y limitaciones del sistema vigente.	Diagnóstico validado por las áreas de Producción y Gestión Ambiental.
3	Informe de caracterización del residuo	Documento técnico que recopila los resultados de los análisis CRETIB y confirma que el residuo de celulosa no presenta características de peligrosidad y es apto para su valorización.	Informe técnico revisado y aprobado por el área ambiental.
4	Evaluación y selección del gestor ambiental	Informe comparativo de proveedores considerando criterios técnicos, legales, ambientales, operativos y económicos.	Proveedor seleccionado que cumpla el 100 % de los requisitos establecidos por la empresa.
5	Contrato o acuerdo de prestación de servicios	Formalización contractual con el gestor ambiental autorizado para la ejecución de la prueba piloto.	Contrato firmado por ambas partes.
6	Plan de implementaci	Documento que establece actividades, cronograma, recursos, responsables,	Plan aprobado por el equipo del proyecto.

	ón de la prueba piloto	indicadores y procedimientos para ejecutar la prueba piloto.	
7	Ejecución de la prueba piloto	Implementación del retiro, transporte y valorización del residuo mediante el gestor ambiental autorizado.	Prueba piloto ejecutada conforme al cronograma y sin incumplimientos ambientales.
8	Informe de seguimiento de indicadores	Reporte de los resultados obtenidos durante la prueba piloto, incluyendo toneladas gestionadas, costos, tiempos de retiro, cumplimiento ambiental y liberación de espacio.	Indicadores medidos y validados por el equipo del proyecto.
9	Análisis costo-beneficio	Comparación técnica y económica entre el modelo actual y el modelo propuesto, cuantificando el ahorro generado y los beneficios operativos y ambientales.	Informe financiero aprobado por la Gerencia Financiera.
10	Informe final del proyecto	Documento que consolida los resultados del proyecto, las lecciones aprendidas, conclusiones y recomendaciones para la implementación definitiva del nuevo modelo de gestión.	Informe aprobado por la Gerencia y patrocinador del proyecto.

El principal resultado esperado será una propuesta técnica, económica y ambientalmente viable para la valorización del residuo de celulosa mediante un gestor ambiental autorizado, sustentada en los resultados obtenidos durante la prueba piloto. Esta propuesta permitirá a la empresa tomar una decisión informada sobre la implementación permanente del nuevo modelo de gestión, contribuyendo a la reducción de costos, la optimización del espacio disponible y el fortalecimiento de su estrategia de economía circular.

3.5.4 Criterios de aceptación

El proyecto se considerará satisfactorio cuando:

- Se valide la viabilidad técnica y ambiental del aprovechamiento del residuo de celulosa mediante un gestor autorizado.
- Se demuestre una reducción del costo de gestión respecto al esquema actual, pasando de $ 27,80 a $ 21,50 por tonelada.
- Se garantice el cumplimiento de la normativa ambiental y la trazabilidad del residuo durante todo el proceso.
- Se evidencie la liberación progresiva del espacio utilizado actualmente para la recuperación de suelo.
- Se entregue toda la documentación técnica, económica y ambiental requerida para respaldar la decisión de implementar el nuevo modelo de gestión de manera permanente.

3.5.5 Cronograma del Proyecto

El cronograma del proyecto establece la secuencia, duración, dependencias e hitos necesarios para ejecutar la prueba piloto de valorización del residuo de celulosa. Su estructuración se basa en los seis componentes principales definidos en la Estructura de Descomposición del Trabajo (WBS): gestión del proyecto, diagnóstico del proceso actual, selección del gestor ambiental, implementación del proyecto piloto, seguimiento y control, y cierre del proyecto.

El proyecto tendrá una duración total de 12 semanas, comprendidas entre el 5 de enero y el 29 de marzo de 2027. Las duraciones se expresan en días calendario. Algunas actividades se desarrollarán de manera paralela debido a que corresponden a procesos complementarios que no requieren esperar la finalización completa de otras tareas.

La ejecución física de la prueba piloto iniciará el 9 de febrero de 2027, una vez finalizadas la selección y aprobación del proveedor, la contratación del gestor ambiental, la preparación del plan logístico y la capacitación del personal involucrado. A partir de esa fecha se efectuarán los retiros, el transporte, la valorización del residuo, el seguimiento de indicadores y el control documental y ambiental.

3.5.6 Cronograma detallado

3.5.7 Gestión de proyecto

Tabla 20

Cronograma gestión de proyecto

Código	Actividad	Duración	Inicio	Finalización	Predecesora
1.1	Acta de Constitución del Proyecto	1 día	05/01/2027	05/01/2027	—
1.2	Plan para la Dirección del Proyecto	3 días	05/01/2027	07/01/2027	1.1
1.3	Cronograma del Proyecto	3 días	06/01/2027	08/01/2027	1.2
1.4	Presupuesto del Proyecto	4 días	06/01/2027	09/01/2027	1.2
1.5	Gestión de Riesgos	5 días	07/01/2027	11/01/2027	1.2
1.6	Plan de Comunicaciones	3 días	08/01/2027	10/01/2027	1.2
1.7	Reuniones de Seguimiento	84 días	05/01/2027	29/03/2027	1.1

Las reuniones de seguimiento se desarrollarán durante todo el proyecto. Se realizará una reunión semanal del equipo y reuniones adicionales antes de cada retiro del residuo.

3.5.8 Diagnóstico del Proceso actual

Tabla 21

Cronograma de proceso actual

Código	Actividad	Duración	Inicio	Finalización	Predecesora
1.1	Acta de Constitución del	1 día	5/1/2027	5/1/2027	—

	Proyecto				
1.2	Plan para la Dirección del Proyecto	3 días	5/1/2027	7/1/2027	1.1
1.3	Cronograma del Proyecto	3 días	6/1/2027	8/1/2027	1.2
1.4	Presupuesto del Proyecto	4 días	6/1/2027	9/1/2027	1.2
1.5	Gestión de Riesgos	5 días	7/1/2027	11/1/2027	1.2
1.6	Plan de Comunicaciones	3 días	8/1/2027	10/1/2027	1.2
1.7	Reuniones de Seguimiento	84 días	5/1/2027	29/3/2027	1.1

Al finalizar esta fase se dispondrá de una línea base relacionada con volumen generado, costos, condiciones del residuo, riesgos, espacio ocupado y requisitos ambientales.

3.5.9 Selección del gestor ambiental

Tabla 22

Cronograma de Selección de Gestor ambiental

Código	Actividad	Duración	Inicio	Finalización	Predecesora
3.1	**Identificación de Proveedores**	**3 días**	19/01/2027	**21/01/2027**	**2.5 y 2.6**
3.2	**Evaluación Técnica**	**3 días**	22/01/2027	**24/01/2027**	**3.1**
3.3	**Evaluación Legal y Ambiental**	**4 días**	22/01/2027	**25/01/2027**	**3.1**
3.4	**Evaluación Económica**	**3 días**	23/01/2027	**25/01/2027**	**3.1**
3.5	**Selección del Proveedor**	**3 días**	26/01/2027	**28/01/2027**	**3.2, 3.3 y 3.4**
3.6	**Validación y Aprobación**	**4 días**	29/01/2027	**01/02/2027**	**3.5**

Las evaluaciones técnica, ambiental y económica se efectuarán parcialmente en paralelo. La selección se sustentará en una matriz comparativa que considere permisos, experiencia, capacidad operativa, trazabilidad, tiempo de respuesta y costo por tonelada.

3.5.10 Implementación del proyecto piloto

Tabla 23

Cronograma de Implementación proyecto piloto

Código	Actividad	Duración	Inicio	Finalización	Predecesora
4.1	Contratación del Gestor Ambiental	4 días	02/02/2027	05/02/2027	3.6
4.2	Plan Logístico de Retiro del Residuo	5 días	02/02/2027	06/02/2027	3.6
4.6	Capacitación al Personal Involucrado	3 días	06/02/2027	08/02/2027	4.1 y 4.2
4.3	Transporte del Residuo	38 días	09/02/2027	18/03/2027	4.1, 4.2 y 4.6
4.4	Producción de Compost	39 días	10/02/2027	20/03/2027	4.3
4.5	Validación del Proceso y Resultados del Piloto	42 días	09/02/2027	22/03/2027	4.3 y 4.4

3.5.11 Seguimiento y control

Tabla 24

Cronograma Seguimiento y Control

Código	**Actividad**	**Duración**	**Inicio**	**Finalización**	**Predecesora**
5.1	**Definición de KPIs**	**6 días**	05/01/2027	**10/01/2027**	**1.1**
5.2	**Seguimiento de Toneladas Valorizadas**	**42 días**	09/02/2027	**22/03/2027**	**4.3**
5.3	**Control de Costos y Ahorros**	**42 días**	09/02/2027	**22/03/2027**	**4.3**

5.4	**Seguimiento del Cumplimiento Ambiental**	**42 días**	09/02/2027	**22/03/2027**	**4.3**
5.5	**Evaluación del Desempeño del Piloto**	**28 días**	23/02/2027	**22/03/2027**	**5.2, 5.3 y 5.4**
5.6	**Informe de Resultados**	**5 días**	20/03/2027	**24/03/2027**	**4.5, 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5**

La definición de los indicadores se realizará al inicio del proyecto para establecer las métricas y fuentes de información antes de la ejecución. Posteriormente, el seguimiento se efectuará en paralelo con los retiros y la valorización.

3.5.12 Cierre del Proyecto

Tabla 25

Cronograma cierre de Proyecto

Código	**Actividad**	**Duración**	**Inicio**	**Finalización**	**Predecesora**
6.1	Informe Final del Proyecto	2 días	25/3/2027	26/3/2027	5.6
6.2	Lecciones Aprendidas	2 días	25/3/2027	26/3/2027	5.6
6.3	Recomendación de continuar, ajustar o descartar el modelo	1 día	27/3/2027	27/3/2027	6.1 y 6.2
6.4	Cierre Administrativo y Contractual	2 días	28/3/2027	29/3/2027	6.1, 6.2 y 6.3

El informe final y las lecciones aprendidas se elaborarán en paralelo, una vez concluido el informe de resultados. Posteriormente se emitirá la recomendación sobre la continuidad del modelo y se realizará el cierre administrativo, previsto para el 29 de marzo de 2027. Las duraciones se expresan en días calendario y requieren disponibilidad de los responsables.

3.5.13 Distribución semanal del Cronograma

Tabla 26

Distribución de las semanas

Semana	Periodo
Semana 1	05/01/2027 al 11/01/2027
Semana 2	12/01/2027 al 18/01/2027
Semana 3	19/01/2027 al 25/01/2027
Semana 4	26/01/2027 al 01/02/2027
Semana 5	02/02/2027 al 08/02/2027
Semana 6	09/02/2027 al 15/02/2027
Semana 7	16/02/2027 al 22/02/2027
Semana 8	23/02/2027 al 01/03/2027
Semana 9	02/03/2027 al 08/03/2027
Semana 10	09/03/2027 al 15/03/2027
Semana 11	16/03/2027 al 22/03/2027
Semana 12	23/03/2027 al 29/03/2027

3.5.14 Diagrama de Gantt resumido

Tabla 27

Cronograma general tipo Gantt por semanas.

Componente WBS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
1. Gestión del proyecto	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. Diagnóstico del proceso actual	■	■										
3. Selección del gestor ambiental			■	■								
4. Implementación del proyecto piloto					■	■	■	■	■	■	■	
5. Seguimiento y control	■					■	■	■	■	■	■	■
6. Cierre del proyecto												■

3.5.15 Hitos y Fechas Clave

Tabla 28

Hitos del proyecto

Hito	Fecha	Resultado esperado
H1. Proyecto formalmente iniciado	05/01/2027	Acta de Constitución aprobada.
G1. Diagnóstico validado	18/01/2027	Línea base técnica, económica y ambiental aprobada.
G2. Gestor seleccionado y aprobado	01/02/2027	Proveedor validado para contratación.
G3. Piloto autorizado	08/02/2027	Contrato, plan logístico y capacitación completados.
G4. Revisión intermedia	01/03/2027	Avance, costos, trazabilidad y cumplimiento revisados.
G5. Valorización completada	22/03/2027	100 toneladas gestionadas y documentación consolidada.
G6. Cierre aprobado	29/03/2027	Informe final y recomendación aprobados.

3.6 Metodología de Gestión de Proyectos

Para la ejecución del proyecto se aplicará una metodología híbrida con predominio ágil, combinando planificación formal con validación progresiva durante la prueba piloto.

El enfoque predictivo se utilizará en las actividades que requieren control documental, trazabilidad y aprobación formal, como la revisión de requisitos ambientales, la evaluación y selección del gestor autorizado, la contratación, el control presupuestario y la elaboración del informe final.

El enfoque ágil se aplicará durante la prueba piloto de valorización del residuo de celulosa, mediante ciclos cortos de seguimiento que permitan revisar resultados, identificar desviaciones e implementar mejoras oportunamente.

Durante la ejecución se controlarán indicadores como toneladas gestionadas, costo por tonelada, cumplimiento ambiental, tiempos de retiro, desempeño del gestor, liberación de espacio y satisfacción de las áreas involucradas.

La finalidad del proyecto no es implementar inmediatamente el nuevo modelo, sino comprobar su viabilidad técnica, económica, ambiental y operativa. Con base en los resultados del piloto, se presentará una recomendación para determinar si corresponde adoptarlo de manera permanente.

El seguimiento estará a cargo de las áreas de Producción, Ambiente, Finanzas, Compras y Gestión de Proveedores, que revisarán avances, entregables, riesgos y posibles cambios en alcance, tiempo y costo.

Tabla 29

Componentes del Proyecto

Componente del proyecto	**Enfoque aplicado**	**Justificación**
Revisión normativa y ambiental	Predictivo	Requiere cumplimiento formal, permisos, trazabilidad documental y control regulatorio.
Evaluación y selección del gestor ambiental	Predictivo	Debe seguir criterios técnicos, económicos, legales y ambientales previamente definidos.
Formalización contractual	Predictivo	Requiere aprobación, responsabilidades claras, condiciones de servicio y respaldo documental.
Ejecución de la prueba piloto	Ágil	Permite validar el nuevo modelo en condiciones reales y realizar ajustes durante la ejecución.
Seguimiento de indicadores	Ágil	Facilita revisar datos periódicamente y tomar decisiones con base en resultados medibles.

Coordinación entre áreas	Ágil	Requiere comunicación continua para resolver impedimentos y asegurar la continuidad operativa.
Informe final y recomendación	Predictivo	Debe consolidar resultados, evidencias, análisis costo-beneficio y recomendación institucional.

En síntesis, la metodología híbrida permitirá mantener el control necesario sobre los aspectos normativos, contractuales y presupuestarios, sin perder flexibilidad durante la prueba piloto. De esta manera, el proyecto podrá validar progresivamente la alternativa de valorización del residuo de celulosa, reducir riesgos y generar una recomendación técnicamente sustentada sobre la conveniencia de implementar el nuevo modelo de manera permanente.

3.6.1 Asignación de Recursos

La asignación de recursos define los cargos, áreas responsables, apoyos internos y recursos materiales o tecnológicos necesarios para ejecutar cada paquete de trabajo. La estructura propuesta utiliza principalmente recursos existentes de Lunara Andina S.A., complementados por servicios externos especializados, como el gestor ambiental autorizado y el laboratorio responsable de la caracterización CRETIB.

La asignación se ha realizado considerando la naturaleza de cada actividad, la capacidad técnica de las áreas involucradas y la necesidad de mantener la continuidad de las operaciones de la planta. Para interpretar la dedicación estimada se aplican los siguientes criterios:

Alta: participación prioritaria durante la ejecución de la actividad.

Media: participación periódica o parcial.

Puntual: intervención para revisión, validación o aprobación.

Operativa: dedicación completa durante cada retiro o actividad de campo.

Tabla 30

Recursos para la gestión del proyecto

Código	**Actividad**	**Responsable**	**Recursos de apoyo**	**Recursos materiales o tecnológicos**	**Dedicación**
1.1	Acta de Constitución	Director del Proyecto	Alta Dirección	Plantilla del acta y repositorio documental	Alta
1.2	Plan para la Dirección	Director del Proyecto	Producción, Ambiente, Finanzas y Compras	Plantillas de gestión y procesador de texto	Alta
1.3	Cronograma	Director del Proyecto	Responsables de las áreas	Excel o software de gestión de proyectos	Alta
1.4	Presupuesto	Área de Finanzas	Director del Proyecto y Compras	Hoja de cálculo, cotizaciones y registros financieros	Alta
1.5	Gestión de Riesgos	Director del Proyecto	Producción, Ambiente y Finanzas	Matriz de riesgos y registro de incidencias	Media
1.6	Plan de Comunicaciones	Director del Proyecto	Todas las áreas participantes	Correo, reuniones virtuales y repositorio compartido	Media
1.7	Reuniones de Seguimiento	Director del Proyecto	Equipo del Proyecto y gestor ambiental	Agenda, actas, dashboard e informes de avance	Semanal

Tabla 31

Recursos para diagnóstico del proceso

Código	Actividad	Responsable	Recursos de apoyo	Recursos materiales o tecnológicos	Dedicación
2.1	Levantamiento de Información	Área de Producción	Ambiente y Finanzas	Registros de producción, pesajes, costos y planos de planta	Alta
2.2	Diagnóstico Técnico	Área de Producción	Ambiente y Director del Proyecto	Diagramas de proceso, recorridos y registros operativos	Alta
2.3	Caracterización CRETIB	Área Ambiental	Laboratorio especializado y Producción	Muestreo, recipientes, análisis y reporte de laboratorio	Alta
2.4	Análisis de Costos Actuales	Área de Finanzas	Producción y Director del Proyecto	Facturas, registros contables y hojas de cálculo	Alta
2.5	Identificación de Limitaciones y Riesgos	Director del Proyecto	Producción y Ambiente	Taller de análisis, matriz de riesgos e Ishikawa	Media
2.6	Oportunidad de Economía Circular	Área Ambiental	Director del Proyecto y Finanzas	Información técnica, análisis comparativo y criterios ambientales	Media

Tabla 32

Recursos para selección del gestor

Código	Actividad	Responsable	Recursos de apoyo	Recursos materiales o tecnológicos	Dedicación
3.1	Identificación de Proveedores	Compras y Gestión de Proveedores	Área Ambiental	Base de proveedores, solicitudes de información y cotizaciones	Alta
3.2	Evaluación Técnica	Área Ambiental	Producción y Director del Proyecto	Fichas técnicas y matriz de evaluación	Alta
3.3	Evaluación Legal y Ambiental	Área Ambiental	Compras y Gestión de Proveedores	Permisos, registros, certificados y checklist ambiental	Alta
3.4	Evaluación Económica	Área de Finanzas	Compras	Cotizaciones y modelo comparativo de costos	Alta
3.5	Selección del Proveedor	Compras y Gestión de Proveedores	Ambiente, Finanzas y Director del Proyecto	Matriz multicriterio y expediente del proveedor	Alta
3.6	Validación y Aprobación	Director del Proyecto	Alta Dirección y áreas evaluadoras	Informe de recomendación y acta de aprobación	Puntual

Tabla 33

Recursos para la implementación de proyecto piloto

Código	Actividad	Responsable	Recursos de apoyo	Recursos materiales o tecnológicos	Dedicación
4.1	Contratación del Gestor Ambiental	Compras y Gestión de Proveedores	Director del Proyecto, Ambiente y Finanzas	Contrato, oferta aprobada y condiciones de servicio	Alta
4.2	Plan Logístico de Retiro	Área de Producción	Gestor ambiental y Ambiente	Cronograma de retiros, rutas, áreas de carga y formatos	Alta

4.6	Capacitación al Personal	Área Ambiental	Producción y gestor ambiental	Presentaciones, procedimientos, EPP y formatos de control	Alta
4.3	Transporte del Residuo	Gestor Ambiental Autorizado	Producción y Ambiente	Vehículo autorizado, balanza, EPP, manifiestos y actas	Operativa
4.4	Producción de Compost	Gestor Ambiental Autorizado	Área Ambiental	Infraestructura del gestor, registros y certificados	Operativa
4.5	Validación del Proceso y Resultados	Director del Proyecto	Producción, Ambiente y Finanzas	Dashboard, registros de retiro, certificados y evidencias	Alta

Tabla 34

Recursos para seguimiento y control

Código	**Actividad**	**Responsable**	**Recursos de apoyo**	**Recursos materiales o tecnológicos**	**Dedicación**
5.1	Definición de KPIs	Director del Proyecto	Producción, Ambiente y Finanzas	Ficha de indicadores y línea base	Alta
5.2	Seguimiento de Toneladas Valorizadas	Área de Producción	Gestor ambiental y Ambiente	Balanza, reportes de pesaje y dashboard	Media
5.3	Control de Costos y Ahorros	Área de Finanzas	Compras y Director del Proyecto	Facturas, presupuesto y hoja de control	Media
5.4	Seguimiento del Cumplimiento Ambiental	Área Ambiental	Producción y gestor ambiental	Checklists, manifiestos y certificados	Media
5.5	Evaluación del Desempeño del Piloto	Director del Proyecto	Todas las áreas involucradas	Dashboard, reportes y encuestas internas	Media
5.6	Informe de Resultados	Director del Proyecto	Producción, Ambiente, Finanzas y Compras	Plantilla del informe, gráficos y registros consolidados	Alta

Tabla 35

Recursos para cierre de proyecto

Código	Actividad	Responsable	Recursos de apoyo	Recursos materiales o tecnológicos	Dedicación
6.1	Informe Final del Proyecto	Director del Proyecto	Producción, Ambiente y Finanzas	Procesador de texto, anexos y dashboard final	Alta
6.2	Lecciones Aprendidas	Director del Proyecto	Equipo del Proyecto	Registro de lecciones y reunión de cierre	Media
6.3	Propuesta de Implementación Definitiva	Director del Proyecto	Ambiente, Producción y Finanzas	Análisis costo-beneficio y propuesta técnica	Alta
6.4	Cierre Administrativo y Contractual	Compras y Gestión de Proveedores	Director del Proyecto, Finanzas y Ambiente	Expediente contractual, actas y certificados finales	Alta

3.7 Cronograma Inicial

El proyecto se desarrollará durante un período estimado de 12 semanas, tiempo suficiente para planificar, implementar, evaluar y documentar la transición hacia el nuevo modelo de valorización del residuo de celulosa. El cronograma inicial podrá ajustarse de acuerdo con los resultados obtenidos durante la ejecución.

Tabla 36

Cronograma Inicial

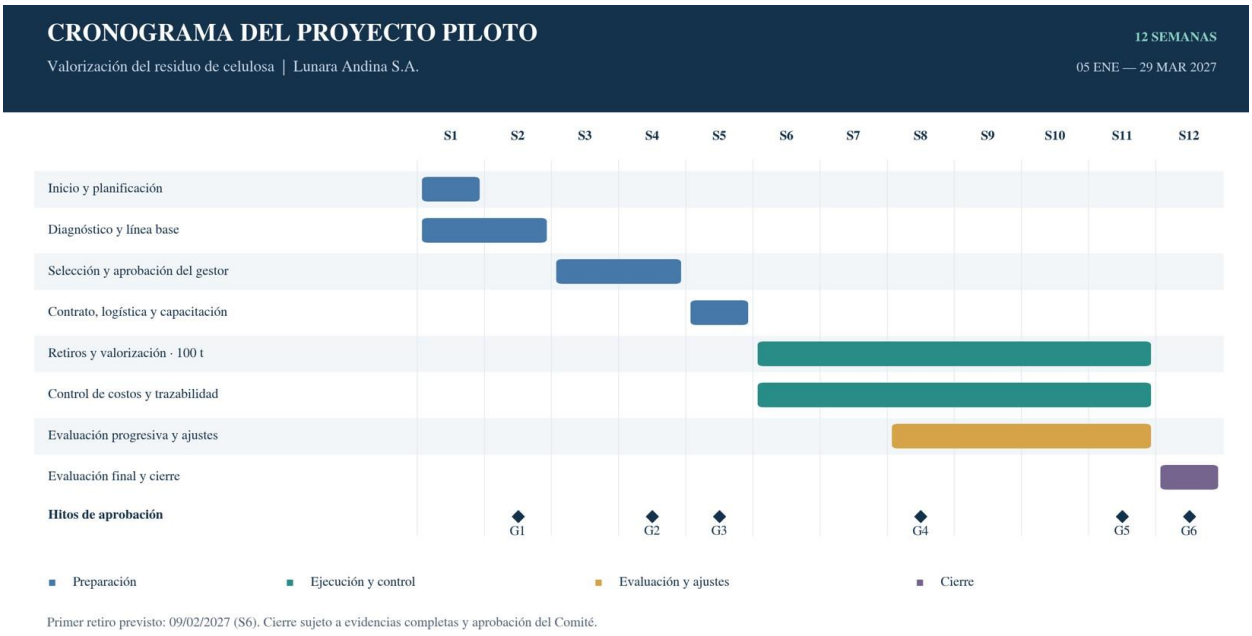
Fase	Actividad principal	Período	Entregable
1	Inicio y planificación del proyecto	Semana 1	Acta de constitución y plan de gestión

2	Diagnóstico técnico, económico y ambiental	Semanas 1–2	Diagnóstico y línea base validados
3	Evaluación, selección y aprobación del gestor	Semanas 3–4	Informe de evaluación y proveedor aprobado
4	Contratación, preparación logística y capacitación	Semana 5	Contrato, plan logístico y personal capacitado
5	Ejecución de los seis retiros y seguimiento de la valorización de 100 toneladas	Semanas 6–11	Pesajes, registros de recepción y evidencias de valorización
6	Seguimiento de costos, volumen, trazabilidad y cumplimiento ambiental	Semanas 6–11	Indicadores y expedientes por retiro
7	Evaluación progresiva y ajustes autorizados	Semanas 8–11	Evaluaciones y acciones de mejora
8	Evaluación final, decisión y cierre	Semana 12	Informe final, lecciones y decisión de continuar, ajustar o descartar

3.7.1 Cronograma tipo Gantt

Tabla 37

Cronograma tipo Grantt



3.7.2 Identificación del Riesgo

La gestión de riesgos constituye un proceso fundamental para garantizar el éxito del proyecto "Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular", ya que permite identificar de forma anticipada los eventos que podrían afectar el cumplimiento del alcance, el cronograma, el presupuesto, la calidad y los objetivos estratégicos definidos para la implementación del nuevo modelo de valorización del residuo.

El proyecto involucra diversas áreas funcionales de Lunara Andina S.A., entre ellas Producción, Ambiente, Compras, Finanzas y Gestión de Proveedores, además de la participación

de un gestor ambiental autorizado. Esta interacción entre múltiples actores incrementa la posibilidad de que se presenten riesgos asociados a aspectos operativos, regulatorios, económicos y organizacionales.

Con el propósito de fortalecer la toma de decisiones y reducir la incertidumbre durante la ejecución del proyecto, se emplearán herramientas ampliamente utilizadas en la gestión de proyectos, las cuales permitirán identificar las principales causas de posibles desviaciones, analizar su impacto y definir estrategias de respuesta oportunas.

Para la identificación y análisis de riesgos se utilizarán las siguientes herramientas:

3.7.3 Diagrama de Pareto

Análisis de causas de retrasos potenciales

Antes de elaborar el Diagrama de Pareto se identificaron, mediante sesiones de análisis con los responsables de las áreas involucradas y considerando las características del proyecto, las principales causas que podrían generar retrasos durante la implementación del modelo de valorización del residuo de celulosa.

Las causas fueron priorizadas de acuerdo con su frecuencia estimada de ocurrencia, considerando la experiencia de proyectos similares y las condiciones operativas de la organización.

Tabla 38

Causas potenciales de retraso

Causa Potencial	**Frecuencia**	**%**	**% Acumulado**
Retraso en la contratación del gestor ambiental autorizado	20	20%	20%

Demoras en la obtención de permisos o documentación ambiental	18	18%	38%
Resistencia al cambio por parte del personal operativo	15	15%	53%
Retrasos en el proceso de contratación y compras	12	12%	65%
Disponibilidad limitada del transporte para el residuo	10	10%	75%
Variación del volumen de residuos generados	8	8%	83%
Cambios en la normativa ambiental	7	7%	90%
Incremento de costos logísticos	5	5%	95%
Problemas de comunicación entre las áreas involucradas	3	3%	98%
Otros factores menores	2	2%	100%

Análisis del Diagrama de Pareto

El análisis evidencia que las seis primeras causas representan aproximadamente el 80 % de los posibles retrasos que podrían presentarse durante la ejecución del proyecto. Entre ellas destacan la contratación del gestor ambiental autorizado, la obtención de permisos regulatorios y la resistencia al cambio del personal operativo, factores que requieren un seguimiento prioritario debido a su impacto directo sobre el cronograma.

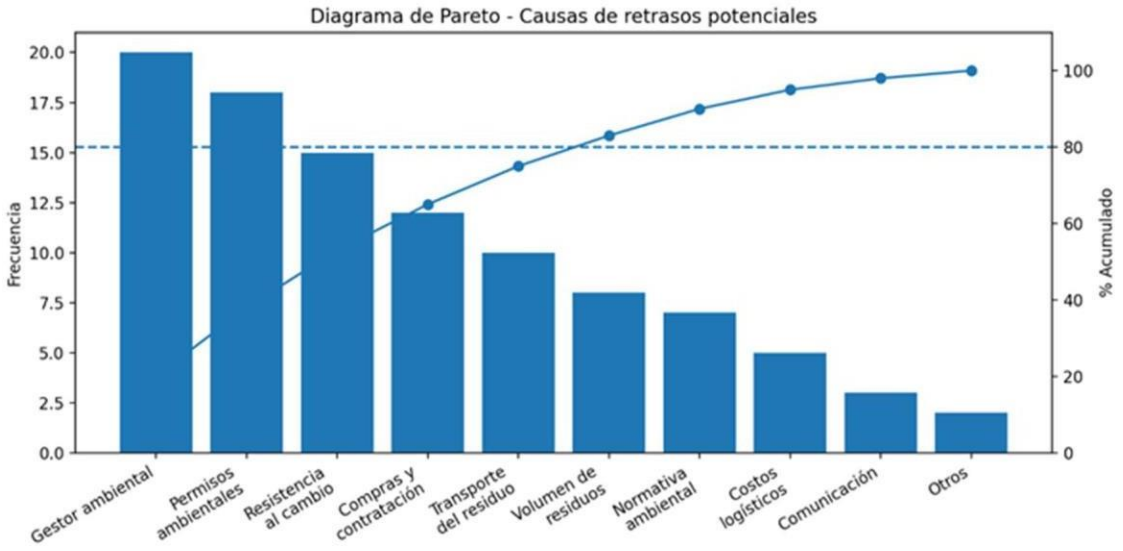
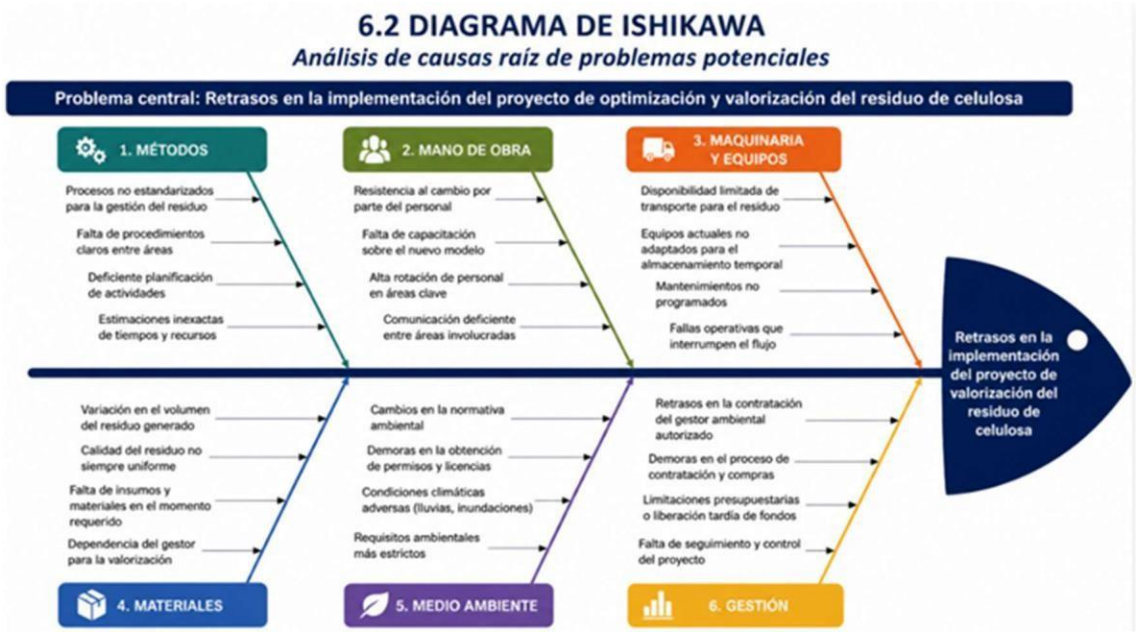


Tabla 39

Diagrama de Ishikawa



Análisis del Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa permitió identificar de manera estructurada las principales causas que podrían generar retrasos durante la ejecución del proyecto "Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular". El análisis se organizó en seis categorías fundamentales: métodos, mano de obra, maquinaria y equipos, materiales, medio ambiente y gestión, facilitando la identificación de las causas raíz que pueden afectar el cumplimiento del cronograma y de los objetivos

del proyecto.

En la categoría Métodos, se evidenció que la ausencia de procedimientos estandarizados, la falta de coordinación entre las áreas involucradas y una planificación insuficiente pueden provocar retrasos en la ejecución de las actividades.

Respecto a la Mano de Obra, se identificó como principal riesgo la resistencia al cambio por parte del personal, acompañada por posibles deficiencias en la capacitación sobre el nuevo modelo de gestión del residuo y problemas de comunicación entre las áreas de Producción, Ambiente, Compras y Finanzas.

En la categoría Maquinaria y Equipos, las causas más relevantes corresponden a la disponibilidad limitada de transporte para el traslado del residuo, la falta de adecuación de algunos equipos utilizados en el almacenamiento temporal y posibles fallas operativas derivadas de mantenimientos no programados.

En relación con los Materiales, se observó que las variaciones en el volumen de residuos generados, la disponibilidad de insumos y la calidad del material destinado a valorización pueden influir directamente en la eficiencia del proceso y en el cumplimiento de los indicadores previstos.

Dentro de la categoría Medio Ambiente, se identificaron riesgos asociados a posibles cambios en la normativa ambiental, demoras en la obtención de permisos y licencias, así como condiciones climáticas adversas que podrían afectar la logística de transporte y manejo del residuo.

Finalmente, la categoría Gestión concentra varias de las causas con mayor impacto potencial sobre el proyecto, entre ellas los retrasos en la contratación del gestor ambiental

autorizado, demoras en los procesos de compras, limitaciones presupuestarias y un seguimiento insuficiente del avance del proyecto.

Análisis de Riesgo

El análisis de riesgos tiene como finalidad identificar, evaluar y priorizar los eventos que podrían afectar el cumplimiento de los objetivos del proyecto "Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular". A través de este proceso se busca anticipar situaciones que puedan generar impactos negativos sobre el cronograma, el presupuesto, el alcance, la calidad o el cumplimiento de la normativa ambiental, permitiendo establecer estrategias preventivas y correctivas que reduzcan su probabilidad de ocurrencia y minimicen sus consecuencias.

Tabla 40

Criterios de evaluación

Probabilidad

Valor	Nivel	Descripción
1	Muy baja	Poco probable
2	Baja	Puede ocurrir ocasionalmente
3	Media	Existe posibilidad moderada
4	Alta	Probable durante el proyecto
5	Muy Alta	Muy probable

Impacto

Tabla 41

Criterios de evaluación del impacto

Valor	Nivel	Descripción
1	Muy bajo	Sin afectación significativa

2	Bajo	Afectación menor
3	Medio	Requiere ajustes
4	Alto	Afecta cronograma o costos
5	Muy Alto	Compromete el éxito del proyecto

Tabla 42

Matriz de Riesgos

ID	Riesgo	Categoría	Probab	Impacto	Nivel	Estrategia	Responsable
R1	Retraso en la contratación del gestor ambiental autorizado	Gestión	5	5	Crítico	Mitigar	Compras
R2	Demoras en permisos y licencias ambientales	Medio Ambiente	4	5	Alto	Mitigar	Ambiental
R3	Resistencia al cambio del personal	Recursos Humanos	4	4	Alto	Mitigar	RR.HH.
R4	Incremento de costos del servicio del gestor ambiental	Financiero	3	4	Medio-Alto	Transferir/Mitigar	Finanzas
R5	Variación del volumen del residuo generado	Operacional	3	3	Medio	Aceptar	Producción
R6	Interrupciones en el transporte del residuo	Logístico	3	4	Medio-Alto	Mitigar	Logística
R7	Cambios en la normativa ambiental	Legal	2	5	Medio-Alto	Mitigar	Ambiental
R8	Falta de disponibilidad presupuestaria	Financiero	3	5	Alto	Mitigar	Dir. Financiera
R9	Problemas de comunicación entre las áreas	Gestión	3	3	Medio	Mitigar	Director proyecto
R10	Fallas en el seguimiento del cronograma	Gestión	2	4	Medio	Mitigar	PMO

Tabla 43

Plan de Gestión de Riesgos

Riesgo	**Acción Preventiva**	**Plan de Contingencia**
Retraso del gestor ambiental	Iniciar contratación anticipadamente	Contratar proveedor alternativo previamente calificado
Demoras en permisos	Gestionar permisos desde el inicio del proyecto	Reprogramar actividades dependientes
Resistencia al cambio	Capacitación y comunicación permanente	Reforzar acompañamiento y seguimiento operativo
Incremento de costos	Negociar contratos con tarifas fijas	Utilizar reserva de contingencia
Variación del volumen del residuo	Monitoreo mensual de generación	Ajustar la frecuencia de recolección
Problemas de transporte	Definir rutas y transportistas alternativos	Contratar servicio temporal
Cambios regulatorios	Seguimiento continuo de normativa	Actualizar procedimientos internos
Insuficiencia presupuestaria	Control periódico del presupuesto	Solicitar aprobación de fondos adicionales
Comunicación deficiente	Reuniones semanales de seguimiento	Escalar incidencias al Comité del Proyecto
Retrasos del cronograma	Seguimiento mediante indicadores de avance	Reprogramar actividades críticas

Análisis de la Matriz de Riesgos

La matriz de riesgos evidencia que los riesgos con mayor nivel de criticidad corresponden al retraso en la contratación del gestor ambiental autorizado, las demoras en la obtención de permisos ambientales, la resistencia al cambio del personal y la disponibilidad presupuestaria. Estos riesgos presentan una combinación elevada de probabilidad e impacto, por lo que requieren la implementación de acciones preventivas desde el inicio del proyecto.

Asimismo, se identifican riesgos de nivel medio relacionados con aspectos operativos y logísticos, como las variaciones en el volumen de residuos, interrupciones en el transporte y problemas de comunicación entre las áreas involucradas. Aunque estos riesgos presentan una menor criticidad, su monitoreo continuo resulta indispensable para evitar desviaciones que afecten el cronograma y los costos del proyecto.

Presupuesto Movil

El presupuesto móvil constituye una herramienta de control financiero que permite actualizar de manera periódica las estimaciones de costos del proyecto conforme se dispone de nueva información durante su ejecución. A diferencia de un presupuesto estático, este enfoque facilita la incorporación de variaciones en precios, disponibilidad de recursos, condiciones del mercado y cambios operativos, permitiendo mantener una visión realista de las necesidades financieras del proyecto.

Objetivo del presupuesto móvil

El presupuesto móvil tiene como propósito controlar las variaciones económicas del proyecto mediante revisiones periódicas que permitan:

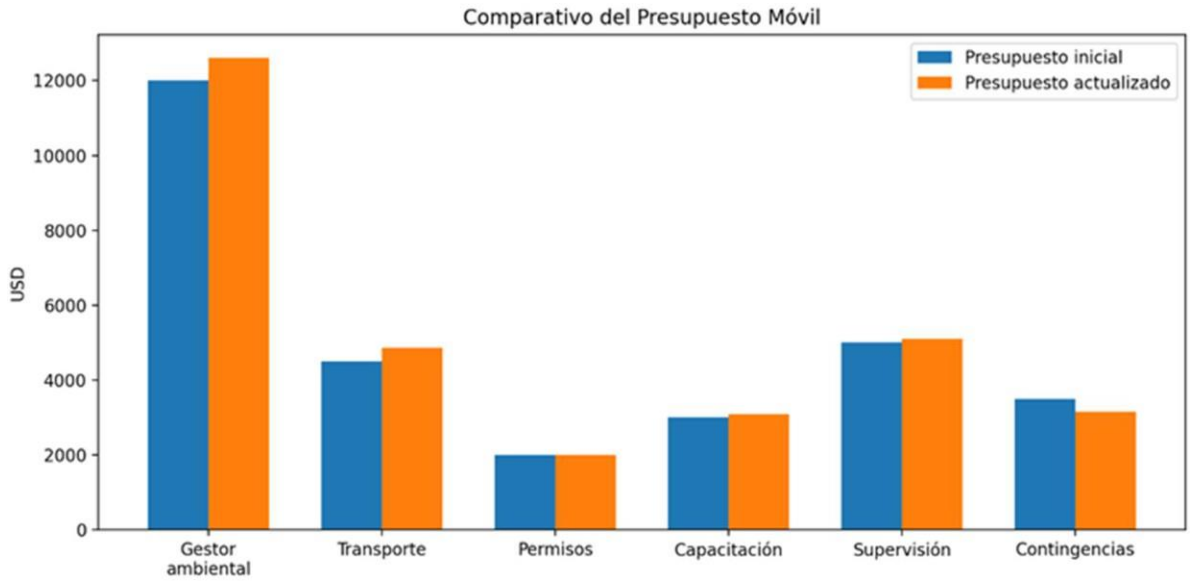
- Identificar oportunamente desviaciones respecto al presupuesto aprobado.
- Evaluar el impacto financiero de cambios en el proyecto.
- Implementar acciones correctivas antes de que las desviaciones afecten el presupuesto total. ●Mantener reservas de contingencia para eventos no previstos.
- Facilitar la toma de decisiones basada en información financiera actualizada.

Tabla 44

Presupuesto móvil y control de variaciones

Rubro	Presupuesto inicial ($)	Variación (%)	Presupuesto actualizado ($)	Acción de control
Gestión externa del residuo: 100 t × $ 21,50/t	2.150,00	0%	2.150,00	Confirmar tarifa y servicios incluidos; verificar toneladas gestionadas.
Análisis y verificaciones técnicas	450	0%	450	Validar cotizaciones y resultados técnicos.
Revisión documental del gestor	300	0%	300	Verificar permisos y documentación antes de contratar.
Capacitación del personal	250	0%	250	Controlar actividades, asistencia y costos.
Materiales de control	180	0%	180	Registrar compras y utilización de materiales.
Registro y trazabilidad	120	0%	120	Consolidar pesajes, actas y certificados de cada retiro.
Subtotal	3.450,00	0%	3.450,00	Revisar costos comprometidos y ejecutados.
Reserva de contingencia: 10 % del subtotal	345	0%	345	Utilizar ante riesgos materializados, previa aprobación.
Total del piloto	3.795,00	0%	3.795,00	Revisar quincenalmente y documentar los cambios aprobados.

Nota. El presupuesto actualizado mantiene los valores iniciales porque aún no existen variaciones documentadas. Los importes son estimaciones, no gastos ejecutados. La reserva de contingencia solo se registra como gasto cuando se utiliza.



Análisis presupuesto móvil

El gráfico comparativo evidencia las variaciones entre el presupuesto inicial y el presupuesto actualizado de las principales partidas del proyecto. Se observa un incremento en los costos asociados a la contratación del gestor ambiental, el transporte del residuo, la capacitación del personal y las actividades de supervisión, debido principalmente a ajustes operativos y a la actualización de las estimaciones financieras conforme avanza la planificación del proyecto.

Por otro lado, la partida correspondiente a contingencias presenta una disminución como resultado de una mejor definición de los riesgos identificados y de la implementación de medidas preventivas que reducen la necesidad de utilizar la totalidad de la reserva presupuestaria.

Asimismo, los costos relacionados con permisos y trámites ambientales permanecen sin variaciones, al mantenerse estables los requisitos regulatorios considerados en la planificación.

En conjunto, el análisis demuestra que el presupuesto móvil constituye una herramienta de control financiero que permite adaptar las proyecciones económicas a las condiciones reales del proyecto, facilitando la toma de decisiones oportunas y asegurando que los recursos disponibles sean administrados de manera eficiente para cumplir con los objetivos establecidos.

3.7.4 Flujograma - Procesos de gestión de cambios

Asegura que todos los cambios solicitados durante la ejecución del proyecto sean evaluados, aprobados y controlados de manera formal para minimizar su impacto en el alcance, tiempo y costo.

El proceso de gestión de cambios establece un procedimiento formal para evaluar, aprobar, implementar y controlar cualquier modificación que surja durante la ejecución del proyecto "Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular". Su propósito es asegurar que todos los cambios sean analizados en función de su impacto sobre el alcance, el cronograma, los costos, la calidad y los riesgos antes de su implementación.

El proceso inicia con la identificación de la necesidad de cambio por parte de cualquier interesado del proyecto. Posteriormente, la solicitud es registrada y validada por el director del Proyecto, quien verifica que la información sea completa y suficiente para su análisis. Una vez validada, el equipo del proyecto realiza un análisis técnico y financiero para determinar los posibles impactos y elaborar una recomendación.

Tabla 45

Flujograma

Rol	**Responsabilidades principales**
Solicitante	Identificar la necesidad de un cambio, elaborar la solicitud y proporcionar información adicional cuando sea requerida durante la evaluación.
Director del Proyecto	Recibir y validar las solicitudes, coordinar el análisis del cambio, actualizar la documentación del proyecto, comunicar las decisiones aprobadas y supervisar la implementación y el cierre del cambio.
Equipo del Proyecto	Analizar el impacto del cambio en el alcance, cronograma, costos, calidad y riesgos; elaborar el informe técnico de evaluación e implementar las acciones aprobadas.
Comité del Proyecto	Evaluar las recomendaciones presentadas y tomar la decisión de aprobar, rechazar o solicitar información adicional sobre la solicitud de cambio.
Áreas involucradas	Ejecutar las actividades derivadas del cambio aprobado, colaborar en la actualización de la documentación correspondiente y asegurar el cumplimiento de los nuevos lineamientos establecidos.


PASO
ACTIVIDAD / DESCRIPCIÓN
1
SOLICITUD DEL CAMBIO
Cualquier interesado identifica la necesidad de un cambio y registra la solicitud utilizando el formato estándar de cambio.
2
REGISTRO Y VALIDACIÓN INICIAL
El Director del Proyecto revisa que la solicitud esté completa y válida. Si falta información, se devuelve al solicitante para su corrección.
3
ANÁLISIS DE IMPACTO
El equipo del proyecto analiza el impacto del cambio en el alcance, cronograma, costos, calidad y riesgos.
4
EVALUACIÓN Y RECOMENDACIÓN
Se prepara un informe de evaluación y se presenta al Comité del Proyecto con la recomendación correspondiente.
5
DECISIÓN DEL COMITÉ DEL PROYECTO
El Comité revisa la recomendación y toma la decisión de: Aprobar, Rechazar o Solicitar más información.
RECHAZADO
SOLICITA MÁS INFORMACIÓN
APROBADO
5a
COMPLETAR INFORMACIÓN Y VOLVER A EVALUAR
El solicitante proporciona la información requerida y la solicitud vuelve al paso 3 para un nuevo análisis.
6
ACTUALIZACIÓN DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO
Se actualizan el alcance, cronograma, presupuesto, registro de riesgos y demás documentos afectados.
7
COMUNICACIÓN DEL CAMBIO
El cambio aprobado se comunica a todos los interesados y se registran las lecciones aprendidas, si aplica.
8
IMPLEMENTACIÓN DEL CAMBIO
El equipo del proyecto implementa el cambio de acuerdo con las actualizaciones aprobadas.
9
SEGUIMIENTO Y CONTROL
Se realiza seguimiento para verificar que el cambio se haya implementado correctamente y no genere impactos negativos.
10
CIERRE DEL CAMBIO
Se confirma que el cambio fue implementado exitosamente. Se documenta el cierre y se archiva la solicitud y los registros.
5b
COMUNICACIÓN DE RECHAZO
Se comunica al solicitante las razones del rechazo. La solicitud se archiva.

3.8 Presupuesto Inicial

Para elaborar este presupuesto inicial, se tomó como referencia una prueba piloto de 100 toneladas de residuo de celulosa.

3.8.1 Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular

El presupuesto inicial estima los recursos financieros, materiales y humanos necesarios para diseñar, ejecutar y evaluar una prueba piloto controlada de valorización del residuo de celulosa. La estimación se limita a la fase de validación y no representa la implementación definitiva del nuevo modelo de gestión. Esta delimitación reduce la exposición financiera, permite comprobar los supuestos técnicos y económicos y mantiene el equilibrio entre alcance, tiempo y costo.

3.8.2 Alcance presupuestario de la prueba piloto

El presupuesto contempla la gestión piloto de 100 toneladas de residuo de celulosa mediante un gestor ambiental autorizado. La prueba permitirá validar el retiro, transporte, recepción, procesamiento, trazabilidad documental, cumplimiento ambiental, costos reales y

capacidad de respuesta del proveedor antes de recomendar una implementación permanente.

Tabla 46

Alcance Presupuesto

Delimitación	**Descripción**
Incluido en el presupuesto	Retiro, transporte y procesamiento de 100 toneladas; verificaciones técnicas y documentales; capacitación operativa; materiales de control y trazabilidad; seguimiento, evaluación y contingencia.

Fuera del presupuesto	Construcción de una planta propia de compostaje; compra de maquinaria o vehículos; contratación permanente de personal; comercialización del compost; cambios al proceso productivo; implementación total del modelo.

3.8.3 Supuestos para la estimación

•Volumen piloto: 100 toneladas de residuo de celulosa.

•Costo ofertado por el gestor externo: $21,50 por tonelada, incluyendo movimiento y procesamiento.

•Costo actual del sistema vigente: $27,80 por tonelada.

•La empresa utilizará personal, espacios y equipos existentes; no se prevén nuevas contrataciones permanentes.

•Los valores de análisis, capacitación, documentación y materiales son estimaciones preliminares sujetas a cotización y aprobación interna.

•Se incluye una reserva de contingencia del 10 % para variaciones menores o necesidades no previstas.

3.8.4 Presupuesto estimado

Tabla 47

Presupuesto Estimado

Rubro	**Descripción**	**Cantidad**	**Costo unitario**	**Costo estimado**
Gestión externa del residuo	Retiro, transporte, recepción y procesamiento	100 t	$21,50	$2.150,00
Análisis técnico complementario	Verificación de condiciones del residuo para su aprovechamiento	1 servicio	$450,00	$450,00
Revisión documental y	Validación de permisos, registros, certificados y trazabilidad	1 proce	$300,00	$300,00

ambiental		so		
Capacitación operativa	Inducción sobre pesaje, almacenamiento, entrega y registro	1 jornada	$250,00	$250,00
Materiales de control y seguridad	Señalización, etiquetas, formularios y materiales complementarios	1 lote	$180,00	$180,00
Registro y trazabilidad	Actas de entrega, consolidación de pesajes y archivo de certificados	1 lote	$120,00	$120,00
Subtotal				$3.450,00
	Contingencia (10 %)			$345,00
	PRESUPUESTO INICIAL ESTIMADO			$3.795,00

Nota: Los rubros distintos al costo por tonelada son preliminares y deberán confirmarse mediante cotizaciones antes de aprobar la ejecución.

3.8.5 Comparación económica del costo directo

Tabla 48

Comparación Económica

Concepto	Sistema actual	Prueba piloto	Diferencia / ahorro
Volumen evaluado	100 toneladas	100 toneladas	—
Costo por tonelada	$ 27,80	$ 21,50	$ 6,30
Costo directo total	$ 2.780,00	$ 2.150,00	$ 630,00

La alternativa propuesta reduce el costo directo de gestión en $ 6,30 por tonelada, equivalente a una disminución aproximada del 22,66 %. Para el volumen piloto, el ahorro directo estimado es de $630,00. Los demás rubros corresponden a la preparación y validación inicial del modelo y no necesariamente se repetirán con la misma intensidad durante la operación regular.

El presupuesto total del piloto, estimado en $ 3.795,00, no representa únicamente el costo recurrente de gestión del residuo. Incluye verificaciones técnicas y documentales, capacitación, materiales de control y contingencia necesarios para validar la alternativa y generar evidencia para la decisión final. Por esta razón, la comparación del ahorro debe realizarse sobre el costo directo por tonelada: $ 2.780,00 en el sistema actual frente a $ 2.150,00 en la alternativa piloto.

3.8.6 Recursos humanos y materiales

Tabla 49

Recursos humanos y materiales

Tipo de recurso	
Personal interno	Representantes de Producción, Ambiente, Finanzas, Compras y Gestión de Proveedores.
Personal externo	Gestor ambiental autorizado, transportista y laboratorio, cuando corresponda.
Equipos existentes	Sistema de pesaje, equipos de protección personal y medios de comunicación.
Documentación	Permisos, registros de transporte, actas de entrega, certificados de recepción y valorización.
Información de control	Toneladas gestionadas, costo por tonelada, fechas de retiro, tiempos de carga, incidencias y resultados.
Espacio operativo	Área temporal delimitada y señalizada para el residuo antes del retiro.

Control del presupuesto y gestión de cambios

El seguimiento financiero se realizará mediante una matriz que compare el presupuesto aprobado, el valor comprometido, el valor ejecutado, la desviación monetaria, la desviación porcentual, su causa y la acción correctiva. Cualquier variación superior al 10 % del presupuesto total o cualquier solicitud que amplíe el volumen, el periodo, los análisis o los entregables deberá

someterse a revisión conjunta de Finanzas, Ambiente y la dirección del proyecto antes de ser aprobada.

1.Verificación documental del gestor y vigencia de permisos.

2.Confirmación del volumen piloto, precio y servicios incluidos.

3.Aprobación de la programación operativa y del presupuesto.

4. Ejecución del retiro, transporte y procesamiento.

5.Recepción de certificados, respaldos y resultados.

6.Evaluación final técnica, económica, ambiental y operativa.

3.8.7 Criterios de aceptación financiera y operativa

•Costo real del servicio igual o inferior al límite aprobado, salvo variaciones justificadas y autorizadas.

•Trazabilidad documental del 100 % del residuo retirado.

•Entrega completa de certificados y respaldos del gestor.

•Ausencia de interrupciones relevantes en la producción.

•Cumplimiento de permisos, requisitos ambientales y condiciones de seguridad.

•Capacidad demostrada del gestor para recibir y procesar el volumen planificado.

•Evidencia de reducción de la acumulación y liberación de espacio en planta.

•Informe final aprobado por las áreas involucradas.

3.8.8 Conclusión del presupuesto inicial

El presupuesto preliminar para una prueba piloto referencial de 100 toneladas es de $ 3.795,00 e incluye la gestión del residuo, verificaciones, capacitación, materiales y contingencia. La operación directa generaría un ahorro potencial de $ 630,00 frente al sistema actual. El piloto

permitirá evaluar la viabilidad de una implementación futura con una exposición financiera limitada y controles sobre alcance, tiempo, costo, calidad y cumplimiento ambiental.

3.8.9 Plan de Seguimiento y Control

El plan de seguimiento y control establece los mecanismos de gobernanza, medición y toma de decisiones para ejecutar una prueba piloto de valorización externa de 100 toneladas de residuo de celulosa durante 12 semanas. Su aplicación permitirá anticipar desviaciones, coordinar a las áreas responsables y mantener el proyecto dentro de las líneas base aprobadas.

Tabla 50

Elementos del plan de seguimiento y control

Elemento	**Definición del proyecto**
Objeto de control	Prueba piloto de valorización externa del residuo de celulosa.
Meta operativa	Valorizar 100 toneladas.
Duración	12 semanas.
Presupuesto base	$ 3.795.
Criterio económico	Costo directo objetivo ≤ $21,50 por tonelada.
Resultado esperado	Informe técnico-económico y recomendación sobre la implementación permanente de la valorización externa.

El seguimiento se enfocará en el volumen valorado, el cumplimiento del cronograma, el control del presupuesto, la trazabilidad documental y el cumplimiento ambiental. Los resultados permitirán recomendar la implementación permanente, realizar ajustes o concluir el proyecto sin avanzar a una siguiente fase.

Gobernanza y usuarios del resultado El cliente interno es la Gerencia de Lunara Andina S.A., que requiere evidencia confiable para decidir sobre la implementación permanente del proceso de valorización externa. Las áreas de Producción y Ambiente son usuarias directas del resultado, Finanzas y Compras participan en el control, y el gestor ambiental actúa como proveedor especializado.

Líneas base de control La curva de avance, la matriz de riesgos, la línea base presupuestaria y la priorización inicial de riesgos constituyen las referencias de seguimiento. Durante la ejecución se actualizarán con resultados reales para identificar variaciones, tendencias y acciones correctivas.

3.8.10 Estructura de Seguimiento

Tabla 51

Estructura de reuniones de seguimiento

Instancia	**Frecuencia**	**Participantes**	**Propósito**
Comité de Dirección	Mensual, 60 minutos	Director del Proyecto, Finanzas y Ambiente	Revisar desempeño general, desviaciones, riesgos críticos, presupuesto y decisiones de continuidad.
Equipo del Proyecto	Semanal, 45 minutos	Director del Proyecto, Producción, Ambiente, Compras, Finanzas y gestor ambiental	Controlar toneladas gestionadas, retiros programados, documentación, incidencias y próximos hitos.
Reunión operativa de retiro	Antes de cada retiro, 15 minutos	Producción, Ambiente, Logística y gestor ambiental	Confirmar volumen, pesaje, transporte, seguridad, manifiestos y condiciones de recepción.

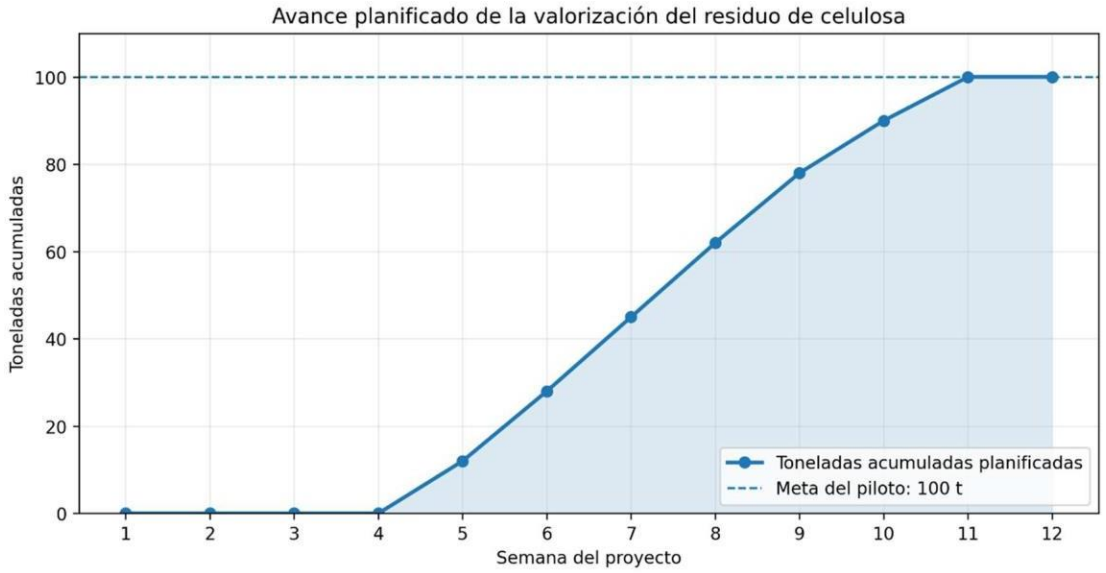
Tabla 52

Reportes de seguimiento

Reporte	**Frecuencia**	**Contenido**
Informe quincenal	Cada dos semanas; máximo dos páginas	Estado semaforizado, avance en toneladas, costo acumulado, riesgos, acciones correctivas y decisiones pendientes.
Dashboard	Mensual	Toneladas valorizadas, avance frente a la línea base, costo por tonelada, trazabilidad, espacio liberado e incidentes.

Figura 1

Línea base propuesta de avance acumulado para valorizar 100 toneladas en 12 semanas.



La curva de avance muestra cómo deben acumularse las toneladas valorizadas durante las 12 semanas del

piloto. Su finalidad es verificar oportunamente si el ritmo de los retiros permitirá alcanzar la meta de 100 toneladas. Al incorporar el avance real, la empresa podrá identificar retrasos y ajustar la frecuencia de los retiros antes de que se comprometa el resultado final.

3.8.11 Métricas de Rendimiento (KPIs)

Tabla 53

Métricas de rendimiento del proyecto

KPI	Meta	Frecuencia	Fuente
Cumplimiento de plazo (SPI)	≥ 0,95	Semanal	Cronograma actualizado
Cumplimiento de presupuesto (CPI)	≥ 0,95	Quincenal	Registro financiero
Toneladas valorizadas	100 toneladas al cierre	Semanal	Pesajes y reportes del gestor
Costo directo por tonelada	≤ $ 21,50	Por retiro	Factura y volumen recibido
Trazabilidad documental	100 %	Por retiro	Manifiestos, actas y certificados
Cumplimiento ambiental	100 % de requisitos aplicables	Continuo	Checklist ambiental
Espacio liberado	Reducción verificable frente a línea base	Inicio y cierre	Medición de Producción
Satisfacción de áreas involucradas	≥ 4/5	Al cierre	Encuesta interna
Incidentes críticos	0	Continuo	Registro de incidencias

Los indicadores permiten controlar las variables que determinan la viabilidad del piloto: tiempo, costo, volumen, trazabilidad y cumplimiento ambiental. Un resultado inferior a la meta activa una revisión y una acción correctiva. De esta manera, la decisión final no dependerá

únicamente de completar las 100 toneladas, sino también de demostrar que el proceso puede ejecutarse dentro del plazo, presupuesto y requisitos definidos.

Un valor de 1 representa cumplimiento del plan; un valor inferior a 1 evidencia retraso o menor eficiencia del presupuesto.

3.8.12 Puntos de Control (Gates)

Los puntos de control permiten confirmar que la valorización del residuo avanza con la información, los permisos, los recursos y los controles necesarios en cada etapa. Antes de continuar, se verifica el cumplimiento del volumen, el cronograma, el presupuesto, la trazabilidad y los requisitos ambientales, evitando que una desviación comprometa el resultado del proyecto.

Tabla 54

Puntos de control del proyecto

Fase	**Actividad principal**	**Período**	**Entregable**
1	Inicio y planificación del proyecto	Semana 1	Acta de constitución y plan de gestión
2	Diagnóstico técnico, económico y ambiental	Semanas 1–2	Diagnóstico y línea base validados
3	Evaluación, selección y aprobación del gestor	Semanas 3–4	Informe de evaluación y proveedor aprobado
4	Contratación, preparación logística y capacitación	Semana 5	Contrato, plan logístico y personal capacitado
5	Ejecución de los seis retiros y seguimiento de la valorización de 100 toneladas	Semanas 6–11	Pesajes, registros de recepción y evidencias de valorización
6	Seguimiento de costos, volumen, trazabilidad y cumplimiento ambiental	Semanas 6–11	Indicadores y expedientes por retiro

7	Evaluación progresiva y ajustes autorizados	Semanas 8–11	Evaluaciones y acciones de mejora
8	Evaluación final, decisión y cierre	Semana 12	Informe final, lecciones y decisión de continuar, ajustar o descartar

La gestión operativa finaliza en la semana 11. La semana 12 se reserva para consolidar los indicadores, verificar la documentación y emitir una recomendación sustentada sobre la continuidad, ajuste o cierre del proyecto.

3.8.13 Gestión de Cambios

El flujo de gestión de cambios evita que una modificación al volumen, plazo, presupuesto o proceso se aplique sin evaluar sus consecuencias. Cada solicitud será registrada, analizada y aprobada por el nivel correspondiente. Esto protege las condiciones del piloto y permite diferenciar entre un ajuste necesario y una alteración que podría afectar la validez de sus resultados.

Registrar la solicitud de cambio y su justificación.

Analizar el impacto en volumen, cronograma, presupuesto, calidad, trazabilidad, riesgos y cumplimiento ambiental.

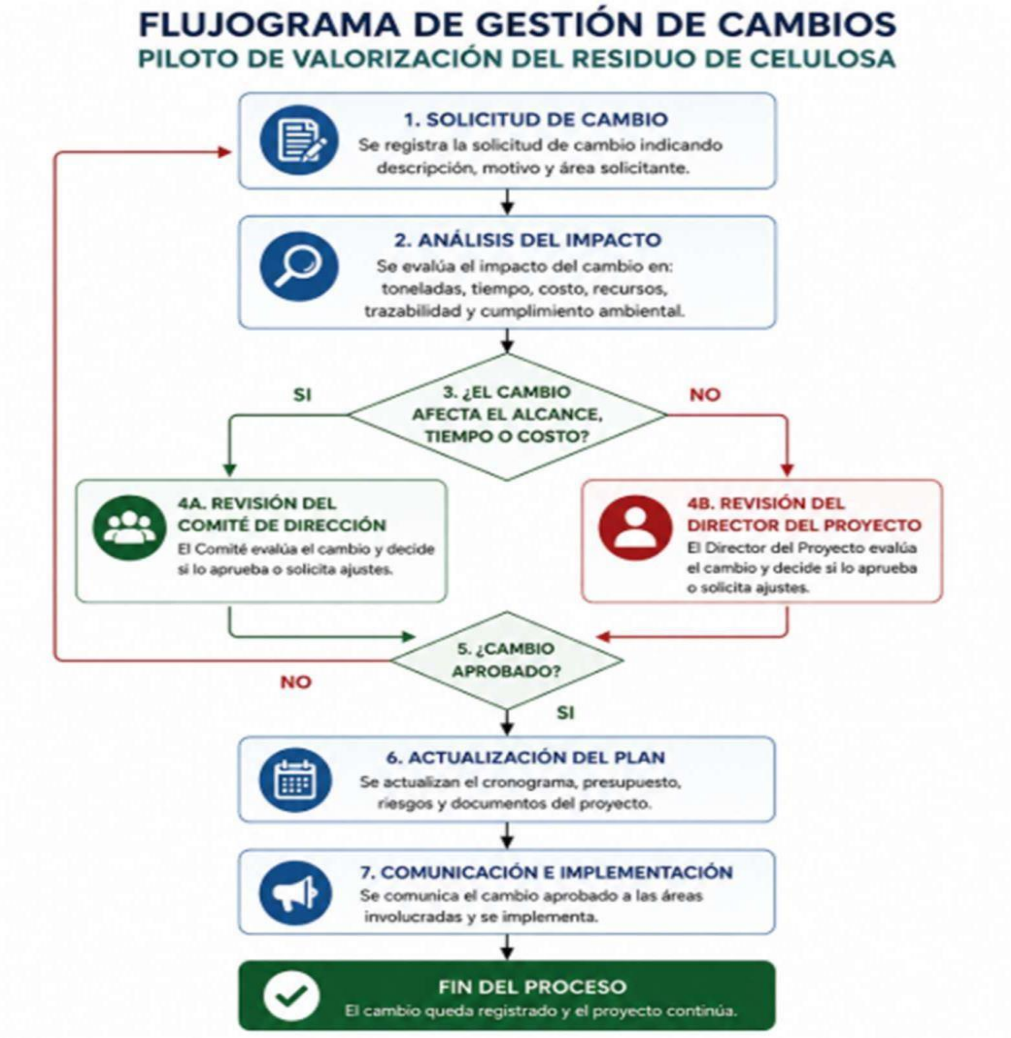
Emitir la recomendación del Director del Proyecto.

Escalar al Comité de Dirección cuando el cambio afecte las 100 toneladas, las 12 semanas, un requisito ambiental o genere una variación superior al 5 %.

- Aprobar, rechazar o devolver la solicitud para ajuste.
- Actualizar cronograma, presupuesto, riesgos, documentos y comunicaciones.
- Implementar el cambio aprobado y verificar su resultado.

Figura 2

Proceso de gestión de cambios diseñado para la prueba piloto.



Análisis de Causa Raíz - Ishikawa

El diagrama de Ishikawa permitirá identificar las causas de desviaciones relacionadas con retrasos, costos, documentación o cumplimiento ambiental. Por ejemplo, ante un volumen menor al programado, facilitará determinar si la causa se encuentra en la programación de los retiros, la disponibilidad del gestor, la condición del residuo, la logística o los registros de medición.

Figura 3

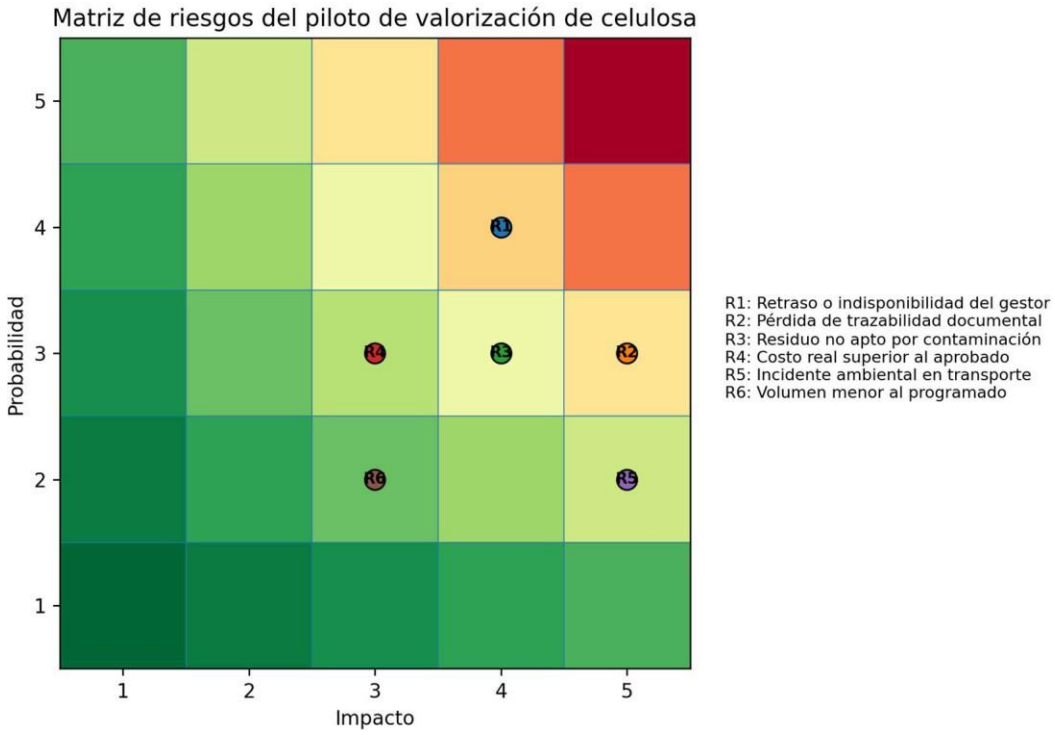
Causas potenciales de incumplimiento



Gestión de riesgos. La gestión de riesgos identifica acontecimientos que todavía no han ocurrido, pero que podrían afectar el proyecto. Cada riesgo se valora según su probabilidad de ocurrencia y el impacto que tendría sobre el plazo, costo, volumen o cumplimiento ambiental. La multiplicación de ambos valores permite priorizar las acciones preventivas.

Figura 4

Matriz de riesgos específica del proyecto.



La matriz evidencia que los riesgos prioritarios son la indisponibilidad del gestor ambiental y la pérdida de trazabilidad documental. Por esta razón, antes de iniciar los retiros se verificará la capacidad del gestor, se mantendrá una alternativa disponible y se utilizará un expediente obligatorio por cada despacho.

Tabla 55

Riesgos prioritarios y respuestas del proyecto

Código	Riesgo	P	I	P× I	Respuesta	
R1	Retraso o indisponibilidad del gestor	4	4	16	Confirmar capacidad y mantener alternativa habilitada.	

R2	Pérdida de trazabilidad documental	3	5	15	Checklist obligatorio y expediente por retiro.	
R3	Residuo no apto por contaminación	3	4	12	Segregación y verificación previa al despacho.	
R4	Costo real superior al aprobado	3	3	9	Control quincenal y gestión formal de cambios.	
R5	Incidente ambiental en transporte	2	5	10	Suspender, contener, reportar y activar contingencia.	
R6	Volumen menor al programado	2	3	6	Reprogramar retiros sin ampliar el alcance.	

Presupuesto móvil

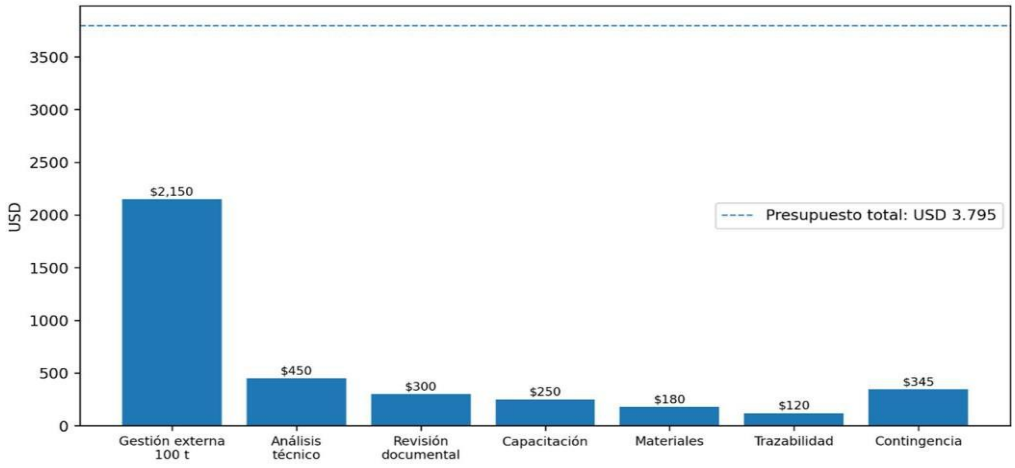
El presupuesto total asciende a $3.795 e incluye la gestión directa del residuo, verificaciones técnicas y documentales, capacitación, materiales de control y contingencia.

El costo de $21,50 por tonelada corresponde únicamente al servicio directo de valorización. Este indicador permite medir la eficiencia operativa del gestor ambiental, mientras que el presupuesto total refleja todos los recursos necesarios para ejecutar y validar correctamente la prueba piloto.

El control se realizará de forma quincenal. Si la proyección del costo final supera en más del 5 % la línea base aprobada, se deberá analizar la causa y aplicar una acción correctiva antes de comprometer recursos adicionales.

Figura 5

Distribución de la línea base presupuestaria



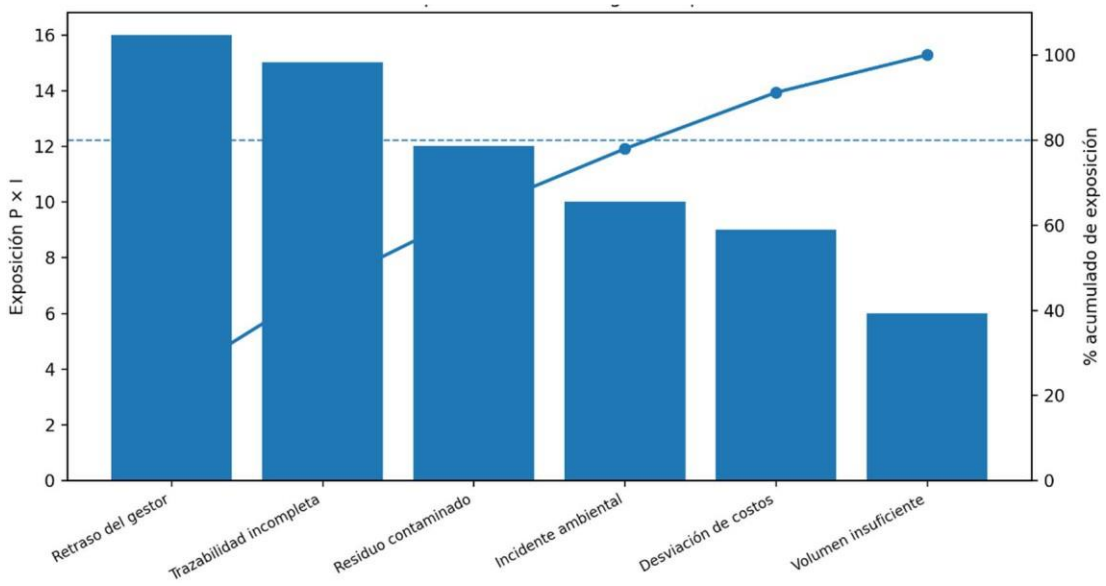
La gestión externa representa el principal componente del presupuesto, con $2.150. Los $1.645 restantes corresponden a verificaciones, capacitación, materiales, trazabilidad y contingencia, necesarios para controlar y documentar correctamente la ejecución.

3.9 Análisis de Pareto

El Análisis de Pareto prioriza los riesgos según su exposición P×I y permite concentrar las acciones en los factores que podrían comprometer el cumplimiento de las 100 toneladas, las 12 semanas, el presupuesto o la trazabilidad. El gráfico ordena los riesgos de acuerdo con su nivel de exposición, calculado a partir de la probabilidad de ocurrencia y el impacto sobre el proyecto. Su finalidad es identificar cuáles requieren mayor atención y concentrar en ellos las acciones preventivas.

Figura 6

Análisis de Pareto- exposición acumulada a los riesgos.



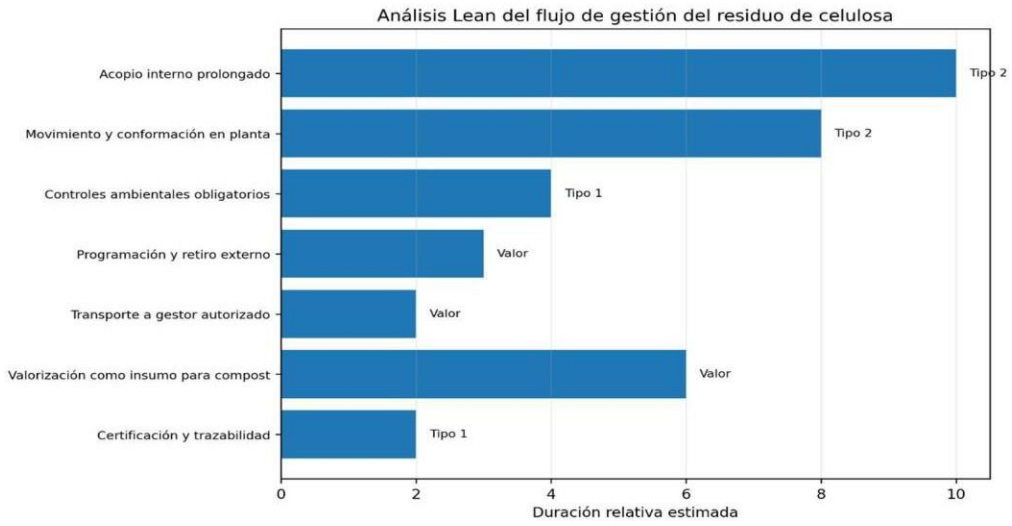
Los riesgos con mayor prioridad son el retraso del gestor ambiental, la pérdida de trazabilidad documental, la contaminación del residuo y los incidentes durante el transporte. Por su posible efecto sobre el plazo, el presupuesto y el cumplimiento ambiental, estos riesgos requieren controles preventivos y responsables definidos antes de iniciar la ejecución. Durante el proyecto, el análisis se actualizará con datos reales de retrasos, incidencias, costos y afectaciones operativas.

Aplicación de Conceptos Lean

El análisis Lean diferencia las actividades que crean valor, los controles necesarios que no agregan valor directo (desperdicio tipo 1) y las actividades que deben eliminarse (desperdicio tipo 2). En este proyecto, el valor se genera cuando el residuo deja de acumularse en la planta, se entrega a un gestor autorizado y se aprovecha como insumo para compost.

Figura 7

Análisis Lean del flujo de gestión del residuo de celulosa.



La aplicación de Lean orienta el proceso hacia una operación más eficiente. Los retiros programados reducen el almacenamiento y la manipulación interna, mientras que los controles ambientales y documentales se mantienen porque garantizan cumplimiento y trazabilidad.

Tabla 56

Clasificación Lean de las actividades

Actividad	Clasificación Lean	Decisión	
Acopio interno prolongado	Desperdicio tipo 2	Reducir mediante retiros programados.	
Movimiento y conformación repetitiva en planta	Desperdicio tipo 2	Disminuir con valorización externa.	
Controles ambientales obligatorios	Desperdicio tipo 1	Mantener y estandarizar.	
Programación y retiro externo	Valor	Optimizar frecuencia y coordinación.	

Transporte al gestor autorizado	Valor	Controlar tiempo, seguridad y costo.	
Valorización como insumo para compost	Valor	Verificar recepción y aprovechamiento.	
Certificación y trazabilidad	Desperdicio tipo 1	Digitalizar y conservar como evidencia.	

El plan de seguimiento y control permitirá determinar si la valorización externa es técnica, económica y ambientalmente viable antes de avanzar hacia una implementación permanente. La decisión se sustentará en cinco criterios: cumplimiento de las 100 toneladas, costo directo máximo de $21,50 por tonelada, trazabilidad documental completa, ausencia de incumplimientos ambientales y liberación verificable de espacio.

El seguimiento mediante indicadores, puntos de control, gestión de cambios y análisis de riesgos permitirá comparar lo planificado con los resultados reales, corregir desviaciones a tiempo y sustentar de forma objetiva la continuidad, ajuste o implementación permanente de la valorización externa.

3.10 Conclusiones Generales

La planificación inicial establece una base clara para evaluar la valorización externa del residuo de celulosa mediante una prueba piloto de 100 toneladas y una duración de 12 semanas. El alcance, los entregables, los datos requeridos, el cronograma y el presupuesto permiten controlar de forma integrada el desempeño técnico, económico, ambiental y operativo del proyecto.

El piloto permitirá comprobar si el nuevo modelo puede reducir el costo directo de gestión de $ 27,80 a $ 21,50 por tonelada, mantener la trazabilidad documental, prevenir

incumplimientos ambientales y disminuir la acumulación de material dentro de la planta. Los resultados servirán para formular una recomendación sustentada sobre la continuidad, modificación o descarte de la alternativa evaluada.

Por tratarse de una planificación inicial, el alcance, el cronograma y el presupuesto podrán ajustarse durante la ejecución, siempre que cualquier cambio sea evaluado, documentado y aprobado considerando su impacto en tiempo, costo, calidad y cumplimiento ambiental.

Capítulo 4

Formación del equipo

4.1 Introducción

El proyecto “Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular”, desarrollado para Lunara Andina S.A., requiere la integración de un equipo multidisciplinario capaz de gestionar los desafíos técnicos, ambientales, operativos y estratégicos asociados a la transformación del modelo actual de manejo de residuos.

Debido a la naturaleza transversal del proyecto, donde intervienen áreas como producción, gestión ambiental, finanzas, compras y coordinación de proveedores, la correcta identificación de competencias y la definición clara de responsabilidades constituyen factores críticos para garantizar una implementación eficiente y sostenible. Un equipo con capacidades complementarias permitirá tomar decisiones oportunas, adaptarse a los cambios durante la ejecución y asegurar la generación de valor para la organización.

Bajo un enfoque híbrido con predominio ágil, la formación del equipo se orienta al desarrollo de capacidades técnicas y colaborativas que faciliten la planificación, ejecución y mejora continua del proyecto. En este capítulo se analiza la identificación de habilidades

requeridas, la evaluación de perfiles mediante entrevistas simuladas, la asignación de roles y el plan de formación necesario para fortalecer las competencias del equipo durante las diferentes etapas de implementación.

4.1.1 Propósito del plan de formación del equipo

En la gestión ágil de proyectos, el equipo constituye un elemento clave para generar valor y responder oportunamente a los cambios del proyecto. Por ello, este plan

establece la forma en que se seleccionará, integrará y desarrollará al equipo encargado del proyecto de valorización del residuo de celulosa.

Se definirán los roles, responsabilidades y competencias necesarias, considerando tanto conocimientos técnicos como habilidades de colaboración, comunicación, liderazgo y toma de decisiones. Además, se aplicarán mecanismos de evaluación para asegurar que los integrantes cuenten con la capacidad de trabajar bajo un enfoque ágil, promoviendo la mejora continua, la adaptación y la entrega efectiva de resultados.

La adecuada conformación del equipo permitirá gestionar riesgos, facilitar la coordinación entre áreas y asegurar el cumplimiento de los objetivos ambientales, operativos y económicos del proyecto.

4.1.2 Importancia de la formación del equipo en el proyecto

Debido a que el proyecto involucra la participación de diversas áreas organizacionales, entre ellas Producción, Ambiente, Finanzas, Compras y Gestión de Proveedores, resulta indispensable conformar un equipo multidisciplinario que integre conocimientos técnicos, capacidad analítica y habilidades de coordinación. La interacción entre estos actores permitirá garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental, la adecuada gestión de recursos, el

seguimiento de indicadores y la correcta ejecución de la prueba piloto propuesta para el proyecto.

Una planificación adecuada del talento humano permitirá asignar responsabilidades de acuerdo con las competencias de cada integrante, optimizar el desempeño colectivo y fortalecer la capacidad de respuesta frente a los desafíos propios de la implementación del nuevo modelo de gestión del residuo. En consecuencia, el proceso de formación del equipo constituye una herramienta estratégica para asegurar que

las actividades del proyecto se desarrollen con altos estándares de calidad, eficiencia y compromiso organizacional.

Finalmente, este documento establece las bases para la conformación de un equipo altamente competente, alineado con los objetivos del proyecto y preparado para afrontar los retos técnicos, operativos y ambientales asociados a la implementación de un modelo de economía circular. La correcta selección y preparación de sus integrantes favorecerá la obtención de resultados sostenibles, generando valor tanto para la organización como para sus diferentes grupos de interés.

La conformación del equipo se basa en tres criterios principales: complementariedad de conocimientos, capacidad de adaptación y orientación a resultados. Debido a que el proyecto integra aspectos ambientales, operativos y estratégicos, se requiere un equipo donde las competencias técnicas se complementen con habilidades de comunicación, colaboración y toma de decisiones.

4.2 Identificación de Habilidades

La capacidad del equipo es uno de los principales habilitadores del éxito del proyecto. En un entorno de transformación organizacional, no basta con asignar responsabilidades; es necesario construir un equipo con las competencias técnicas, colaborativas y adaptativas que permitan convertir la estrategia en resultados medibles.

El proyecto "Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular" busca transformar el modelo actual de gestión de residuos de Lunara Andina S.A. mediante la incorporación de un gestor ambiental autorizado que permita aprovechar el residuo de celulosa como materia prima para compostaje.

Por la naturaleza multidisciplinaria de la iniciativa, el equipo debe integrar conocimientos ambientales, operativos, financieros y de gestión, trabajando bajo un enfoque híbrido que combine planificación estructurada con adaptación continua y mejora iterativa.

4.2.1 Mapa de habilidades requeridas del equipo

Para asegurar una ejecución efectiva del proyecto, las competencias requeridas deben estar vinculadas con responsables específicos dentro del equipo. Esta asignación permite establecer claridad de roles, fortalecer la coordinación interdisciplinaria y asegurar que cada capacidad crítica tenga un responsable durante las diferentes etapas de implementación.

Tabla 57

Mapa de Habilidad

Competencia	**Habilidades requeridas**	**Rol responsable**	**Aplicación en el proyecto**
Gestión	Planificación, seguimiento,	Líder del proyecto	Asegurar cumplimiento de objetivos,

del proyecto	gestión de riesgos y coordinación		tiempos, entregables y alineación entre áreas
Gestión ambiental	Normativa ambiental, manejo de residuos y economía circular	Responsable ambiental	Garantizar que la valorización del residuo cumpla requisitos técnicos y regulatorios
Gestión operativa	Análisis de procesos y mejora continua	Responsable de Producción	Evaluar impacto del nuevo modelo en la operación actual
Gestión financiera	Análisis de costos, beneficios y viabilidad económica	Responsable financiero	Medir ahorro, inversión requerida y generación de valor
Gestión de proveedores	Evaluación, negociación y seguimiento contractual	Responsable de Compras / Abastecimiento	Seleccionar y gestionar un gestor ambiental confiable
Gestión ágil	Adaptabilidad, colaboración, mejora continua y gestión iterativa	Líder del proyecto / Scrum Master	Facilitar ciclos de seguimiento, aprendizaje y ajustes durante la ejecución

La asignación de responsables permite transformar las competencias identificadas en capacidades operativas, evitando vacíos de gestión y facilitando la toma de decisiones. Bajo un enfoque ágil, cada rol mantiene responsabilidad sobre su dominio de

conocimiento, mientras el equipo trabaja de manera colaborativa para alcanzar los objetivos comunes del proyecto.

4.2.2 Evaluación del dominio de competencias

La evaluación permite identificar el nivel de preparación requerido para cada competencia clave. Debido a que no se dispone de perfiles individuales del equipo, la valoración representa la capacidad necesaria para ejecutar cada función dentro del proyecto.

Tabla 58

Evaluación del dominio de competencias

Competencia	**Nivel requerido**	**Interpretación**
Gestión del proyecto	Intermedio - Avanzado	Fundamental para coordinar áreas, riesgos y entregables
Gestión ambiental	Intermedio	Requiere conocimiento técnico y normativo

Economía circular	Intermedio	Clave para evaluar alternativas de valorización
Gestión financiera	Intermedio	Permite validar beneficios económicos
Gestión de proveedores	Intermedio	Asegura selección y seguimiento adecuado
Metodologías ágiles	Básico - Intermedio	Requiere fortalecimiento mediante práctica

El análisis muestra que el equipo requiere fortalecer principalmente aquellas capacidades asociadas a la aplicación práctica de metodologías ágiles y conocimientos especializados, manteniendo como fortalezas la coordinación y gestión del proyecto.

4.2.3 Modelo de competencias del equipo del proyecto

El siguiente modelo resume las capacidades necesarias para conformar un equipo de alto desempeño, integrando competencias técnicas, de dirección, ágiles y colaborativas.

Tabla 59

Modelo de competencias del equipo del proyecto

Dimensión	**Competencias clave**
Competencias técnicas	Gestión ambiental, economía circular, finanzas y proveedores
Competencias de dirección	Planificación, riesgos y seguimiento
Competencias ágiles	Adaptabilidad, mejora continua y gestión iterativa
Competencias colaborativas	Comunicación, coordinación y trabajo en equipo

Este modelo refleja que la ejecución exitosa no depende únicamente del conocimiento técnico, sino de la capacidad del equipo para colaborar, adaptarse y generar valor durante todo el ciclo del proyecto.

4.2.4 Habilidades blandas y capacidades ágiles

En un entorno de transformación, las habilidades humanas son determinantes para responder ante cambios, resolver restricciones y mantener una dinámica de trabajo colaborativa.

Tabla 60

Habilidades blandas y capacidades ágiles

Habilidad	**Aporte al proyecto**
Comunicación efectiva	Facilita coordinación entre áreas y proveedores
Trabajo colaborativo	Integra diferentes perspectivas
Adaptabilidad	Permite responder ante cambios
Pensamiento crítico	Fortalece la toma de decisiones
Orientación a resultados	Mantiene foco en generación de valor
Mejora continua	Impulsa optimización permanente

El fortalecimiento de estas capacidades permitirá evolucionar hacia un equipo más autónomo, coordinado y orientado a resultados.

4.2.5 Brechas críticas de desarrollo

las brechas no se gestionan como problemas aislados, sino como capacidades que deben desarrollarse progresivamente mediante aprendizaje continuo, acompañamiento y ciclos de mejora.

Tabla 61

Brechas críticas de desarrollo

Brecha identificada	**Impacto en el proyecto**
Aplicación práctica de metodologías ágiles	Puede limitar ciclos de mejora y adaptación
Conocimiento especializado en valorización de residuos	Puede afectar evaluación técnica
Gestión avanzada de proveedores ambientales	Puede incrementar riesgos de selección
Gestión del cambio organizacional	Puede dificultar adopción del nuevo modelo
Uso de indicadores	Puede limitar medición de resultados

Estas brechas representan oportunidades de desarrollo que pueden gestionarse mediante formación, mentoría y aprendizaje práctico durante la ejecución.

4.2.6 Plan de fortalecimiento del equipo

El desarrollo del equipo debe ser un proceso continuo. Por ello, se propone un plan basado en capacitación, acompañamiento experto y colaboración entre áreas.

Tabla 62

Plan de fortalecimiento del equipo

Acción	**Objetivo**
Taller Agile y gestión híbrida	Fortalecer Scrum, Kanban y seguimiento visual
Capacitación ambiental especializada	Mejorar conocimientos de economía circular
Acompañamiento experto	Validar decisiones técnicas
Sesiones colaborativas	Integrar conocimiento entre áreas
Revisiones periódicas	Ajustar necesidades de formación

La aplicación de este plan permitirá consolidar un equipo preparado para gestionar la incertidumbre, adaptarse a cambios y mantener el enfoque en la generación de valor sostenible.

El proyecto requiere un equipo que combine especialización técnica, capacidad de gestión y competencias ágiles. La correcta identificación y desarrollo de estas habilidades permitirá ejecutar la transformación del modelo de gestión de residuos de Lunara Andina S.A. con mayor eficiencia, adaptación y sostenibilidad.

4.3 Entrevistas Simuladas

Con el propósito de garantizar la correcta ejecución del proyecto "Implementación de un modelo de economía circular para la valorización del residuo de celulosa mediante la producción

de compost", se plantea la realización de entrevistas simuladas como herramienta para evaluar las competencias técnicas, legales, operativas y de gestión de los participantes clave del proyecto.

Las entrevistas permitirán seleccionar a los candidatos más idóneos para integrar el equipo responsable de la planificación, ejecución, seguimiento y control del proyecto, así como validar la capacidad técnica del gestor ambiental que participará en la valorización del residuo.

4.3.1 Escenarios simulados de entrevista

Tabla 63

Escenarios simulados de entrevista

Escenario	Cargo	Objetivo de la entrevista	Situación	Competencias por evaluar
Escenario 1	Jefe de Proyecto	Evaluar la capacidad para liderar y gestionar el proyecto integralmente.	Implementación de un modelo de valorización de residuo de celulosa sin afectar la operación. El candidato debe explicar la planificación, ejecución y cierre del proyecto.	Liderazgo, planificación, cronograma, riesgos, comunicación y toma de decisiones.
Escenario 2	Especialista en Seguridad y Gestión Ambiental	Validar conocimientos técnicos y cumplimiento ambiental.	Verificación de requisitos legales, trazabilidad del residuo y cumplimiento del proceso de valorización como compost.	Normativa ambiental, gestión de residuos, análisis CRETIB,auditoría y control documental.
Escenario 3	Gerente de Operaciones	Evaluar la capacidad para mantener la	Incremento del volumen de residuos que requiere ajustar el retiro y valorización sin afectar la producción.	Liderazgo operativo, gestión de procesos, coordinación, eficiencia, resolución de problemas y

		continuidad operativa y optimizar procesos.		mejora continua.
Escenario 4	Controller Senior	Analizar la viabilidad económica y rentabilidad del proyecto.	Justificación financiera del cambio hacia un modelo de valorización con gestor ambiental autorizado.	Análisis financiero, costo-beneficio, indicadores económicos, riesgos y presentación de resultados.
Escenario 5	Jefe de Compras	Evaluar la gestión de contratación y selección del proveedor.	Comparación de ofertas, revisión documental y negociación de condiciones con gestores	Compras, negociación, evaluación de proveedores, contratos, costos y ética profesional.
Escenario 6	Gestor Ambiental	Validar la capacidad técnica y legal del proveedor.	El proveedor debe demostrar permisos vigentes, infraestructura y capacidad para valorizar el residuo generado.	Cumplimiento legal, experiencia técnica, operación, trazabilidad y gestión ambiental.

4.3.2 Preguntas para las entrevistas

Las siguientes preguntas fueron diseñadas para evaluar las competencias técnicas, gerenciales y operativas requeridas para los integrantes del equipo del proyecto y para el gestor ambiental encargado de la valorización del residuo de celulosa.

Tabla 64

Preguntas para las entrevistas

Cargo	**Preguntas de la entrevista**	**Competencia evaluada**

Jefe de Proyecto	¿Cómo planificaría la implementación del proyecto sin afectar la operación de la planta?	Planificación y organización
	¿Qué metodología utilizaría para	Gestión de proyectos
	controlar el cronograma y el presupuesto del proyecto?	
	¿Cómo actuaría ante un retraso en una actividad crítica del cronograma?	Toma de decisiones y resolución de problemas
	¿Qué estrategia emplearía para gestionar los riesgos del proyecto?	Gestión de riesgos
	¿Qué indicadores utilizaría para medir el éxito del proyecto?	Seguimiento y control
Especialista en Seguridad y Gestión Ambiental	¿Qué normativa ambiental considera aplicable para la valorización del residuo de celulosa?	Conocimiento legal
	¿Cuál es la importancia de los análisis CRETIB para este proyecto?	Conocimiento técnico
	¿Cómo garantizaría la trazabilidad del residuo desde la planta hasta el gestor ambiental?	Gestión ambiental
	¿Qué controles implementaría para verificar el cumplimiento legal del gestor ambiental?	Auditoría y control
	¿Qué riesgos ambientales identifica en este proyecto y cómo los mitigaría?	Gestión de riesgos ambientales
Gerente de Operaciones	¿Cómo implementaría el nuevo modelo de gestión del residuo sin afectar la continuidad de la producción?	Liderazgo operativo
	¿Qué acciones tomaría si el volumen mensual de residuo aumenta considerablemente?	Planificación operativa
	¿Cómo coordinaría las actividades entre Producción, Medio Ambiente y el gestor ambiental?	Coordinación interdepartamental
	¿Qué indicadores utilizaría para medir el desempeño operativo del proyecto?	Gestión por indicadores
	¿Cómo garantizaría la continuidad del proceso productivo durante la prueba piloto?	Gestión operativa
Controller Senior	¿Cómo calcularía el ahorro anual generado por el proyecto?	Análisis financiero
	¿Qué indicadores financieros utilizaría para justificar la inversión?	Evaluación económica
	¿Cómo presentaría el análisis costo-beneficio a la Gerencia?	Comunicación de
	¿Qué riesgos financieros identifica durante la	Gestión financiera

	ejecución del proyecto?	
	¿Cómo determinaría la viabilidad económica del nuevo modelo de gestión?	Evaluación de inversiones
Jefe de Compras	¿Qué criterios utilizaría para seleccionar al gestor ambiental?	Gestión de adquisiciones
	¿Cómo verificaría que el proveedor cumple con todos los requisitos legales y ambientales?	Evaluación de proveedores
	¿Qué aspectos negociaría antes de firmar el contrato?	Negociación
	¿Cómo garantizaría la transparencia del proceso de contratación?	Ética y cumplimiento
	¿Qué indicadores utilizaría para evaluar el desempeño del proveedor?	Gestión de contratos
Gestor Ambiental	¿Cuenta con autorización vigente para operar como gestor ambiental?	Cumplimiento legal
	¿Qué experiencia tiene en la valorización de residuos para la producción de compost?	Experiencia técnica
	¿Cuál es la capacidad mensual de procesamiento de su empresa?	Capacidad operativa
	¿Cómo garantiza la trazabilidad del residuo durante el transporte y procesamiento?	Gestión ambiental
	¿Qué indicadores utiliza para evaluar la calidad del servicio prestado?	Orientación a resultados

4.3.3 Criterios de evaluación

Las respuestas obtenidas durante las entrevistas serán calificadas mediante una escala de 1 a 5, donde:

Tabla 65

Criterios de evaluación

Calificación	**Interpretación**
1	Deficiente
2	Regular
3	Aceptable
4	Bueno
5	Excelente

4.4 Definición de Roles del Equipo

Debido a la naturaleza multidisciplinaria del proyecto “Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular”, se requiere un equipo integrado por perfiles técnicos, operativos y estratégicos. La asignación de roles permitirá coordinar capacidades, facilitar la toma de decisiones y asegurar el cumplimiento de los objetivos técnicos, económicos y ambientales del proyecto.

4.4.1 Roles y responsabilidades principales

Tabla 66

Roles y responsabilidades principales

Rol	**Responsabilidad principal**
Director del Proyecto	Coordina la ejecución general, seguimiento de cronograma, presupuesto, riesgos y comunicación con la Gerencia.
Especialista en Seguridad y Gestión Ambiental	Garantiza cumplimiento ambiental, trazabilidad del residuo y validación documental del gestor autorizado.
Gerente de Operaciones	Coordina la generación, almacenamiento y retiro del residuo, asegurando continuidad operativa durante el piloto.
Controller Senior	Controla costos, evalúa beneficios económicos y realiza seguimiento financiero del proyecto.
Jefe de Compras	Gestiona la evaluación, negociación y contratación del gestor ambiental.
Gestor Ambiental Autorizado	Ejecuta el retiro, transporte y valorización del residuo garantizando cumplimiento ambiental.

4.4.2 Matriz RACI del equipo

Para complementar la definición de responsabilidades, se incorpora una matriz RACI que permite identificar el nivel de participación de cada rol en las actividades críticas del proyecto, fortaleciendo la coordinación y evitando duplicidad de funciones.

Tabla 67

Matriz RACI del equipo

Actividad	**Director Proyecto**	**Ambiental**	**Operaciones**	**Finanzas**	**Compras**	**Gestor Ambiental**
Validación ambiental	A	R	C	I	I	C
Selección del gestor	A	C	C	I	R	C
Ejecución del piloto	A	C	R	I	C	R
Seguimiento de indicadores	A	C	R	C	I	C
Evaluación económica	A	I	C	R	I	I
Informe final	R	C	C	C	C	C

R: responsable | A: Aprobador | C: Consultado | I: Informado

Tabla 68

Matriz RACI del equipo

La correcta definición de roles y responsabilidades permitirá al equipo ejecutar el proyecto de manera coordinada, integrando las capacidades técnicas y de gestión necesarias para alcanzar los objetivos planteados. La estructura establecida facilita la comunicación entre áreas, la toma de decisiones oportunas y la gestión efectiva de la prueba piloto bajo un enfoque colaborativo y orientado a resultados.

A partir de esta estructura, el siguiente paso será identificar las brechas de conocimiento y fortalecer las competencias del equipo mediante un plan de formación que asegure su preparación para la implementación del modelo de valorización del residuo de celulosa.

4.5 Plan De Formación Y Desarrollo Del Equipo

4.5.1 Introducción estratégica del plan de formación

El proyecto de Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular representa una iniciativa de transformación operativa y ambiental para Lunara Andina S.A. Su éxito no depende únicamente de implementar una alternativa técnica para el aprovechamiento del residuo, sino de contar con un equipo preparado para integrar conocimientos ambientales, operativos, financieros y de gestión.

Desde la perspectiva de Dirección Ágil de Proyectos, la formación del equipo se plantea como un proceso estratégico de desarrollo de capacidades. El objetivo es evolucionar desde un grupo multidisciplinario hacia un equipo de alto desempeño capaz de tomar decisiones, adaptarse a cambios y generar valor durante la implementación del modelo de economía circular.

4.5.2 Objetivo del plan de formación

Desarrollar las competencias necesarias del equipo responsable del proyecto para asegurar la correcta implementación del modelo de valorización del residuo de celulosa, fortaleciendo capacidades técnicas, colaborativas y ágiles.

Tabla 69

Objetivo del plan de formación

Objetivo	**Aplicación en el proyecto**
Fortalecer conocimiento técnico	Comprender alternativas de valorización y criterios ambientales

Desarrollar capacidades ágiles	Gestionar el piloto mediante ciclos de seguimiento y mejora
Mejorar coordinación interdisciplinaria	Integrar áreas ambientales, operativa, financiera y compras
Impulsar aprendizaje continuo	Ajustar el modelo según resultados obtenidos

4.5.3 Principios que guían la formación del equipo

El plan se desarrolla bajo principios ágiles que permiten que el aprendizaje esté conectado con la ejecución real del proyecto.

Tabla 70

Principios que guían la formación del equipo

Principio	**Aplicación específica**
Aprendizaje continuo	El equipo mejora capacidades durante las diferentes fases del proyecto
Aplicación práctica	Los conocimientos se aplican directamente al modelo de valorización
Colaboración multidisciplinaria	Las decisiones integran perspectivas técnicas y estratégicas
Adaptabilidad	El equipo ajusta la solución según resultados del piloto
Mejora continua	Las lecciones aprendidas generan optimizaciones

4.5.4 Diagnóstico y priorización de necesidades de formación

A partir de las brechas identificadas en el equipo, se priorizan aquellas competencias que tienen mayor impacto en la implementación del modelo de economía circular.

Tabla 71

Diagnóstico y priorización de necesidades de formación

Brecha identificada	**Necesidad de formación**	**Prioridad**	**Impacto en el proyecto**
Conocimiento técnico de	Economía circular, gestión de residuos y aprovechamiento de celulosa	Alta	Permite validar alternativas técnicas

valorización			
Gestión ambiental	Normativa y criterios de cumplimiento	Alta	Reduce riesgos ambientales y regulatorios
Gestión proveedores especializados	Evaluación y seguimiento de gestores ambientales	Media	Asegura aliados confiables
Gestión operativa	Integración del nuevo flujo de residuos	Media	Minimiza impactos en la operación
Metodologías ágiles	Scrum, Kanban y mejora continua	Media	Facilita seguimiento del piloto

4.5.5 Modelo de evolución de capacidades del equipo

El desarrollo del equipo seguirá una evolución progresiva, donde la formación inicial se transforma en capacidad aplicada para gestionar la transición hacia un modelo circular.

Figura 8

Evolución de capacidades para la implementación del modelo circular



Este enfoque permite que el aprendizaje esté conectado con resultados reales del proyecto y no únicamente con actividades formativas.

4.5.6 Programa estratégico de formación del equipo

La formación se estructura según los roles definidos en el proyecto, asegurando que cada integrante desarrolle las capacidades necesarias para cumplir su responsabilidad.

Tabla 72

Programa estratégico de formación del equipo

Rol	**Formación requerida**	**Objetivo**
Líder del proyecto	Dirección híbrida, Scrum y gestión de riesgos	Coordinar ejecución y toma de decisiones
Responsable ambiental	Economía circular, residuos y normativa	Validar viabilidad ambiental
Responsable operativo	Gestión del cambio operacional	Integrar el nuevo proceso
Responsable financiero	Evaluación económica e indicadores	Medir generación de valor
Compras/proveedores	Gestión contractual y evaluación de aliados	Reducir riesgos externos
Equipo completo	Comunicación, colaboración y mejora continua	Fortalecer desempeño colectivo

4.5.7 Metodología de aprendizaje

El aprendizaje seguirá un enfoque práctico basado en la aplicación directa dentro del proyecto.

Tabla 73

Metodología de aprendizaje

Metodología	**Aplicación**
Workshops iniciales	Alinear objetivos, alcance y forma de trabajo
Mentoría técnica	Acompañamiento para decisiones ambientales y operativas
Learning by doing	Aplicación del conocimiento durante el piloto
Sesiones colaborativas	Integración entre áreas
Retrospectivas ágiles	Identificación de mejoras y aprendizajes

4.5.8 Roadmap de formación del equipo

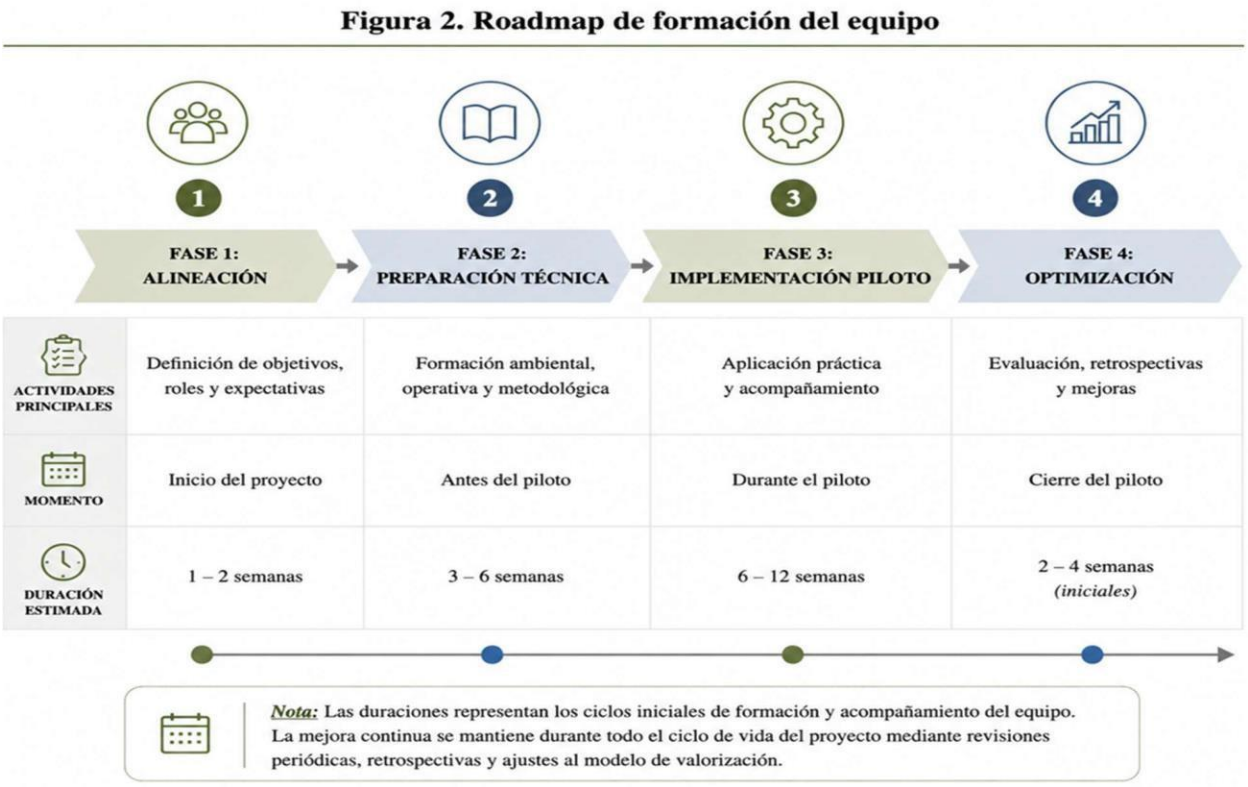
Tabla 74

Roadmap de formación del equipo

Fase	**Actividades principales**
Fase 1: Alineación	Definición de objetivos, roles y expectativas.
Fase 2: Preparación técnica	Formación ambiental, operativa y metodológica.
Fase 3: Implementación piloto	Aplicación práctica y acompañamiento
Fase 4: Optimización	Evaluación, retrospectivas y mejoras

Figura 9

Roadmap de formación



4.5.9 Seguimiento y evaluación del desarrollo

La efectividad del plan será evaluada mediante indicadores que permitan verificar si el equipo desarrolló las capacidades necesarias para ejecutar el proyecto.

Tabla 75

Seguimiento y evaluación del desarrollo

Indicador	**Objetivo**
Participación en formación	Medir compromiso del equipo
Evaluación de conocimientos	Validar aprendizaje
Aplicación práctica	Confirmar transferencia al proyecto

Mejoras implementadas	Medir evolución del equipo
Nivel de autonomía	Evaluar madurez del equipo

El plan de formación permitirá que Lunara Andina S.A. cuente con un equipo preparado para gestionar la transición desde un modelo tradicional de manejo de residuos hacia una solución basada en economía circular. El desarrollo de capacidades técnicas, ágiles y colaborativas fortalecerá la ejecución del proyecto, permitiendo transformar el residuo de celulosa en una oportunidad de generación de valor ambiental y operativo.

Capítulo 5

Plan de comunicación y gestión de conflictos y crisis

5.1 Introducción

La gestión eficiente de los proyectos requiere una planificación integral que permita coordinar a las personas, los recursos y los procesos involucrados para alcanzar los objetivos establecidos. En este contexto, en el presente se desarrolla el Plan de Comunicación, Gestión de Conflictos y Gestión de Crisis para el proyecto Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular, una iniciativa orientada a fortalecer la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa de Lunara Andina S.A.

El proyecto busca transformar los residuos de celulosa generados en el proceso productivo en recursos con valor agregado mediante prácticas de economía circular, promoviendo el cumplimiento de la normativa ambiental, la optimización de costos y la generación de beneficios económicos, sociales y ambientales para la organización y sus grupos de interés.

Para lograr una implementación exitosa, el informe presenta la identificación y análisis de las partes interesadas, el diseño de un plan de comunicación que garantice un flujo oportuno y transparente de la información, las estrategias para la prevención y resolución de conflictos entre los actores involucrados y un plan de gestión de crisis que permita responder de manera eficaz ante eventos que puedan afectar el desarrollo del proyecto. Estas herramientas contribuyen a fortalecer la gobernanza del proyecto, facilitar la toma de decisiones y asegurar el cumplimiento de los objetivos estratégicos dentro de un enfoque de mejora continua y sostenibilidad.

5.2 Identificación de Partes Interesadas

5.2.1 Introducción

La identificación de las partes interesadas constituye uno de los procesos fundamentales para garantizar el éxito de un proyecto, ya que permite reconocer a los actores que pueden influir o verse afectados por la ejecución de las actividades planificadas. Una adecuada gestión de estos grupos facilita la toma de decisiones, fortalece la comunicación entre los involucrados y reduce la probabilidad de conflictos durante el desarrollo del proyecto.

5.2.2 Identificación de las Partes Interesadas

El proyecto involucra la participación de diferentes áreas funcionales de Lunara Andina S.A., así como organizaciones externas encargadas del cumplimiento ambiental y de la prestación de servicios especializados.

Tabla 76

Identificación de las Partes Interesadas

Parte interesada	**Tipo**	**Rol dentro del proyecto**
Alta Dirección de Lunara Andina S.A.	Interna	Aprobar recursos, presupuesto y decisiones estratégicas del proyecto.

Director del Proyecto	Interna	Planificar, coordinar y supervisar la ejecución integral del proyecto.
Área de Producción	Interna	Implementar las mejoras operativas relacionadas con el manejo del residuo de celulosa.
Área Ambiental	Interna	Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental y supervisar el proceso de valorización del residuo
Área Financiera	Interna	Analizar la viabilidad económica, controlar costos y evaluar los beneficios financieros del proyecto.
Área de Compras	Interna	Gestionar la contratación y evaluación del gestor ambiental autorizado.
Colaboradores Operativos	Interna	Ejecutar las actividades operativas relacionadas con el manejo y clasificación del residuo
Gestor Ambiental Autorizado	Externa	Realizar la recolección, transporte y valorización del residuo de celulosa mediante compostaje.
Autoridad Ambiental Competente	Externa	Supervisar el cumplimiento de la legislación ambiental vigente
Proveedores	Externa	Suministrar bienes y servicios requeridos durante la implementación del proyecto
Clientes	Externa	Beneficiarse indirectamente de una operación más sostenible y ambientalmente responsable.
Comunidad cercana	Externa	Recibir los impactos sociales y ambientales derivados de la ejecución del proyecto.

5.2.3 Análisis del Nivel de Poder e Interés

Una vez identificadas las partes interesadas, se realizó un análisis considerando dos variables fundamentales:

- Poder: capacidad de influir en las decisiones o en el desarrollo del proyecto.
- Interés: grado de involucramiento o preocupación respecto a los resultados obtenidos.

Esta clasificación permite definir estrategias específicas para gestionar la relación

con cada stakeholder durante la ejecución del proyecto.

Tabla 77

Matriz de evaluación de poder e interés

Parte interesada	**Poder**	**Interés**	**Estrategia de gestión**
Alta Dirección	Alto	Alto	Gestionar de cerca
Director del Proyecto	Alto	Alto	Gestionar de cerca
Área Ambiental	Alto	Alto	Gestionar de cerca
Gestor Ambiental Autorizado	Alto	Alto	Gestionar de cerca
Área de Producción	Medio	Alto	Mantener comprometido
Área Financiera	Medio	Alto	Mantener comprometido
Área de Compras	Medio	Medio	Mantener informado
Autoridad Ambiental	Alto	Medio	Mantener satisfecha
Proveedores	Medio	Medio	Mantener satisfechos
Clientes	Bajo	Medio	Mantener informados
Comunidad cercana	Alto indirecto	Variable según la afectación	Mantener comunicación preventiva y gestionar de cerca las quejas o afectaciones
Colaboradores Operativos	Bajo	Alto	Mantener comprometidos

5.2.4 Matriz Poder – Interés

La matriz de poder e interés constituye una herramienta ampliamente utilizada en la gestión de proyectos para priorizar la atención que debe brindarse a cada parte interesada. Su aplicación permite optimizar los esfuerzos de comunicación y fortalecer el involucramiento de aquellos actores con mayor capacidad de influencia sobre el éxito del proyecto.

Figura 10

Matriz Poder



De acuerdo con el análisis realizado, la Alta Dirección, el Director del Proyecto, el Área Ambiental y el Gestor Ambiental Autorizado representan los actores con mayor nivel de influencia sobre el desarrollo del proyecto, razón por la cual requieren una comunicación permanente y una participación en la toma de decisiones. Por otra parte, las áreas funcionales internas deben mantenerse comprometidas mediante reuniones periódicas y mecanismos de seguimiento, mientras que la comunidad, clientes y proveedores requieren información oportuna que permita fortalecer la transparencia y la aceptación del proyecto.

5.2.5 Estrategias de Gestión de las Partes Interesadas

Con base en el análisis efectuado, se definieron las siguientes estrategias para asegurar una adecuada participación de cada grupo de interés durante las diferentes fases del proyecto.

Tabla 78

Estrategias de gestión de las partes interesadas

Grupo de interés	**Estrategia**
Alta Dirección	Presentación quincenal de avances, indicadores y toma de decisiones estratégicas.
Director del Proyecto	Reuniones de coordinación semanales y seguimiento continuo del cronograma.
Área de Producción	Talleres operativos y reuniones de seguimiento para garantizar la implementación de mejoras.
Área Ambiental	Verificación periódica del cumplimiento de requisitos legales y ambientales.
Área Financiera	Reportes mensuales sobre ejecución presupuestaria y análisis costo-beneficio.
Área de Compras	Seguimiento al proceso de contratación y evaluación de proveedores.
Gestor Ambiental	Reuniones técnicas para coordinar la recolección, valorización y trazabilidad del residuo.
Autoridad Ambiental	Entrega de informes técnicos y documentación requerida por la normativa vigente.
Comunidad	Difusión de los beneficios ambientales y sociales del proyecto mediante canales institucionales.
Clientes	Comunicación de los avances en sostenibilidad y economía circular.
Proveedores	Coordinación permanente respecto al suministro de bienes y servicios necesarios para el proyecto.

La identificación y clasificación de las partes interesadas constituye un elemento estratégico para el éxito del proyecto, ya que permite comprender el nivel de influencia y las expectativas de cada actor involucrado. Esta información facilita la definición de estrategias diferenciadas de comunicación y participación, fortaleciendo la coordinación entre las áreas internas de Lunara Andina S.A. y los organismos externos vinculados al proceso de valorización del residuo de celulosa.

Asimismo, el análisis realizado proporciona una base sólida para el desarrollo del Plan de Comunicación, la Gestión de Conflictos y la Gestión de Crisis, asegurando que las acciones

implementadas respondan oportunamente a las necesidades de cada stakeholder y contribuyan al cumplimiento de los objetivos ambientales, operativos y estratégicos del proyecto.

5.3 Plan de Comunicación

Este plan se fundamenta en la naturaleza multidisciplinaria del proyecto, en el que participan las áreas de Producción, Ambiente, Finanzas, Compras y Gestión de Proveedores, garantizando una comunicación oportuna que facilite la toma de decisiones, el seguimiento del avance y la gestión de riesgos. El plan está alineado con el enfoque híbrido con predominio ágil descrito en los documentos del proyecto, promoviendo la colaboración, la transparencia y la mejora continua (Kerzner, H).

5.3.1 Matriz de Comunicación

Tabla 79

Matriz de comunicación

Interesado	**Información requerida**	**Responsable**	**Medio**	**Frecuencia**	**Registro o evidencia**
Alta Dirección	Avances, presupuesto, riesgos y decisiones requeridas.	Director del Proyecto	Informe ejecutivo y reunión	Quincenal	Informe y acta de decisiones
Equipo del Proyecto	Actividades, bloqueos, cronograma y tareas pendientes.	Director del Proyecto	Reunión de coordinación y Teams	Semanal	Acta y tablero de tareas actualizado
Producción	Programación de retiros, condiciones de	Responsable de	Coordinación presencial y correo	Antes de cada retiro y ante cambios	Programación confirmada y

	almacenamiento y cambios operativos.	Producción			acuerdos operativos
Área Ambiental	Permisos, condiciones del residuo, incidencias y trazabilidad de cada retiro.	Responsable Ambiental	Expediente digital y reporte técnico	Antes del despacho y al validar cada retiro	Checklist, documentos y validación ambiental
Finanzas	Costos comprometidos y ejecutados, contingencia y ahorro potencial o comprobado.	Responsable Financiero	Reporte financiero	Quincenal	Reporte, facturas y comparación de costos
Compras	Contratación, evaluación del gestor y disponibilidad de una alternativa.	Responsable de Compras	Correo y reunión de coordinación	Antes de contratar y ante cambios o incumplimientos	Evaluación, contrato y acuerdos
Gestor Ambiental	Programación, condiciones de entrega, pesajes y evidencias requeridas.	Director del Proyecto	Correo y coordinación directa	Antes de cada retiro y hasta completar su expediente	Confirmación, pesajes y documentos de recepción y valorización
Organismos de Control	Información y evidencias de cumplimiento ambiental.	Responsable Ambiental	Comunicación y documentación oficial	Cuando corresponda o sea requerido	Documentación remitida y constancia de recepción
Colaboradores operativos	Instrucciones de separación, almacenamiento, pesaje, entrega y reporte de incidencias.	Responsable de Producción	Inducción presencial y ficha operativa	Antes del primer retiro y ante cambios	Registro de capacitación, ficha y reporte de incidencias
Comunidad cercana	Medidas preventivas, posibles afectaciones y canal para consultas o quejas.	Responsable Ambiental	Comunicación institucional y teléfono o correo designado	Antes del piloto y ante consultas o quejas; respuesta inicial en máximo 48 horas	Registro de consultas, quejas, respuestas y seguimiento
Clientes	Objetivo del piloto y avances de sostenibilidad, distinguiendo proyecciones de	Director del Proyecto y área	Correo o boletín institucional	Al inicio y cierre del piloto, cuando corresponda	Comunicado aprobado

	resultados comprobados.	Comercial			
Proveedores	Requisitos, fechas de suministro, condiciones y cambios autorizados.	Responsable de Compras	Correo y coordinación directa	Antes de cada suministro y ante cambios	Orden de compra, confirmación y registro de entrega

5.3.2 KPIs de Comunicación

Tabla 80

Kpis Comunicación

Indicador	**Meta**
Actas emitidas en el tiempo establecido	100%
Asistencia a reuniones	≥ 90 %
Informes entregados según cronograma	100%
Tiempo de respuesta a solicitudes	≤ 48 horas
Cumplimiento del plan de comunicación	≥ 95 %
Nivel de satisfacción de los stakeholders	≥ 90 %

El presente Plan de Comunicación proporciona una estructura formal para gestionar el intercambio de información durante la ejecución del proyecto de valorización del residuo de celulosa en Lunara Andina S.A. Su aplicación permitirá fortalecer la coordinación entre Producción, Ambiente, Finanzas, Compras y Gestión de Proveedores, asegurar la transparencia en el seguimiento del proyecto y apoyar la toma de decisiones basada en indicadores objetivos. Asimismo, contribuye a la reducción de riesgos de comunicación y favorece el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad, eficiencia operativa y economía circular definidos en el proyecto.

Esta propuesta mantiene coherencia con el enfoque híbrido de gestión y con la estructura organizativa descrita en los documentos del proyecto (Verzuh, 2021).

5.4 Enfoque de gestión de conflictos

La ejecución del proyecto "Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular" requiere la coordinación permanente entre diferentes áreas internas de Lunara Andina S.A. y un gestor ambiental especializado. Debido a la naturaleza transversal del proyecto, pueden presentarse diferencias relacionadas con criterios operativos, técnicos, económicos o de cumplimiento ambiental.

Desde un enfoque de Dirección Ágil de Proyectos, los conflictos potenciales deben gestionarse de manera preventiva, promoviendo la comunicación transparente, la colaboración entre las partes involucradas y la toma de decisiones basada en información objetiva. Una adecuada gestión permitirá reducir impactos sobre la prueba piloto, fortalecer la coordinación del equipo y asegurar el cumplimiento de los objetivos ambientales, operativos y estratégicos del proyecto.

El Director del Proyecto actuará como facilitador en la gestión de conflictos, promoviendo espacios de diálogo, análisis de causas y definición de acciones correctivas junto con los responsables involucrados.

5.4.1 Identificación de conflictos potenciales y estrategias de gestión Conflicto potencial entre Área de Producción y Área Ambiental

Situación potencial

Durante la implementación del modelo de valorización pueden surgir diferencias entre la necesidad del área operativa de mantener la continuidad productiva y los controles ambientales

requeridos para garantizar la correcta clasificación, almacenamiento y trazabilidad del residuo de celulosa.

Causa principal

Diferencias entre prioridades operativas y requisitos técnicos o ambientales necesarios para asegurar la correcta ejecución de la prueba piloto.

Estrategias preventivas

- Definir previamente los procedimientos para manejo, almacenamiento y entrega del residuo.
- Establecer criterios claros de aceptación del material antes de su entrega al gestor ambiental.
- Realizar reuniones de coordinación entre Producción y Ambiente antes y durante la prueba piloto.
- Capacitar al personal involucrado en los nuevos procedimientos operativos.

Estrategia de resolución

Ante un desacuerdo, se realizará un análisis conjunto considerando información técnica, requisitos ambientales e impacto operativo. El Director del Proyecto facilitará la búsqueda de una solución que permita mantener la continuidad productiva sin comprometer el cumplimiento ambiental.

5.4.2 Conflicto potencial entre Dirección del Proyecto y Área Financiera Situación potencial

Pueden presentarse diferencias respecto a la inversión requerida, costos asociados al servicio del gestor ambiental o beneficios económicos esperados del modelo de valorización.

Causa principal

Diferencias entre la visión estratégica de transformación del proyecto y la evaluación financiera basada en resultados económicos de corto plazo.

Estrategias preventivas

- Definir indicadores económicos desde el inicio del proyecto.
- Realizar seguimiento periódico de costos y beneficios esperados.
- Mantener reportes financieros actualizados para facilitar la toma de
- decisiones.
- Evaluar la viabilidad económica durante las diferentes etapas del piloto.

Estrategia de resolución

La resolución se realizará mediante análisis de información financiera, considerando costos actuales, costos proyectados, beneficios operativos y generación de valor sostenible para la organización.

5.4.3 Conflicto potencial entre Área de Compras y Gestor Ambiental Autorizado

Situación potencial

Pueden generarse diferencias relacionadas con condiciones contractuales, frecuencia de retiro del residuo, documentación requerida o cumplimiento de compromisos establecidos.

Causa principal

Desalineación entre las expectativas del proyecto y las condiciones reales de ejecución del servicio contratado.

Estrategias preventivas

- Definir claramente alcance, responsabilidades y entregables del proveedor.
- Establecer indicadores de desempeño del servicio.
- Mantener comunicación periódica con el gestor ambiental.
- Documentar acuerdos técnicos y contractuales.

Estrategia de resolución

En caso de incumplimientos, se revisarán los compromisos establecidos, se identificarán las causas del problema y se definirán acciones correctivas con responsables y fechas de seguimiento.

5.4.4 Conflicto potencial por resistencia al cambio de colaboradores operativos Situación potencial

La implementación de un nuevo modelo de gestión del residuo puede generar resistencia debido a cambios en procedimientos, responsabilidades o formas habituales de trabajo.

Causa principal

Falta de conocimiento sobre el propósito del proyecto o percepción de aumento de carga operativa asociada al nuevo modelo.

Estrategias preventivas

- Comunicar claramente los objetivos y beneficios del proyecto.
- Involucrar al personal operativo durante la implementación.
- Proporcionar capacitación y acompañamiento durante la prueba piloto.
- Recoger retroalimentación para identificar oportunidades de mejora.

Estrategia de resolución

Las diferencias serán gestionadas mediante espacios de diálogo, escucha activa y ajustes al proceso cuando sean técnicamente viables. El objetivo será facilitar la adopción del cambio y fortalecer la participación del equipo.

5.4.5 Estrategia general para la resolución de conflictos

La gestión de conflictos del proyecto se desarrollará bajo un enfoque colaborativo, priorizando la prevención y resolución temprana de situaciones que puedan afectar los objetivos establecidos.

Las principales prácticas serán:

Tabla 81

Principales prácticas

Principio	**Aplicación en el proyecto**
Comunicación temprana	Identificación oportuna de diferencias entre áreas e interesados.
Escucha activa	Comprensión de necesidades y restricciones de cada participante.
Decisiones basadas en datos	Uso de información técnica, operativa y financiera para resolver desacuerdos.
Colaboración	Búsqueda de soluciones compartidas orientadas al objetivo común.
Seguimiento	Control de acuerdos y acciones correctivas definidas.

5.4.6 Matriz resumen de conflictos potenciales

Tabla 82

Matriz resumen de conflictos potenciales

Conflicto potencial	**Impacto esperado**	**Responsable principal de gestión**
Producción vs Área Ambiental	Alto	Director del Proyecto

Dirección del Proyecto vs Finanzas	Alto	Director del Proyecto / Responsable Financiero
Compras vs Gestor Ambiental Autorizado	Alto	Responsable de Compras / Director del Proyecto
Resistencia al cambio operativo	Medio	Responsable de Producción / Director del Proyecto

La gestión efectiva de conflictos permitirá mantener alineados a los diferentes actores del proyecto, reducir posibles impactos durante la implementación y favorecer una transición ordenada hacia el modelo de valorización del residuo de celulosa.

Mediante un enfoque colaborativo, comunicación continua y toma de decisiones basada en información objetiva, el equipo podrá responder oportunamente a los desafíos que surjan durante la prueba piloto, fortaleciendo la coordinación interna y asegurando la generación de valor ambiental, operativo y económico para Lunara Andina S.A.

La gestión de conflictos se desarrollará bajo principios de comunicación efectiva, participación de los interesados y resolución temprana de desviaciones, alineándose con las buenas prácticas de dirección de proyectos y enfoques ágiles orientados a la entrega de valor.

5.5 Gestión de Crisis

La gestión de crisis tiene como finalidad preparar al equipo del proyecto para responder de manera rápida, coordinada y transparente ante situaciones inesperadas que puedan comprometer la continuidad de la prueba piloto, el cumplimiento ambiental, la trazabilidad del residuo, el presupuesto o la reputación de Lunara Andina S.A.

Para este proyecto, una crisis se entenderá como un evento de alta gravedad que supera la capacidad de respuesta operativa habitual y requiere la intervención inmediata del Director del

Proyecto, la Alta Dirección y las áreas responsables. El procedimiento permitirá controlar el impacto, proteger a las personas y al ambiente, mantener informadas a las partes interesadas y restablecer las actividades del proyecto en el menor tiempo posible.

Los escenarios planteados guardan relación con los riesgos previamente identificados: indisponibilidad del gestor ambiental, pérdida de trazabilidad documental, contaminación del residuo, incremento de costos e incidentes ambientales durante el transporte

5.5.1 Incidente ambiental o de seguridad durante la carga y el transporte

Riesgo: Derrame, dispersión o manejo inadecuado del residuo durante su carga, retiro o transporte, con posibles consecuencias ambientales, operativas, legales y reputacionales.

Plan de respuesta:

- Suspender inmediatamente la actividad relacionada con el incidente. • Asegurar y delimitar el área afectada.
- Aplicar los protocolos internos de seguridad y contingencia ambiental. • Informar al Director del Proyecto, al Área Ambiental y a la Alta Dirección.
- Solicitar al gestor ambiental la activación de su protocolo de emergencia.
- Notificar a las autoridades competentes cuando corresponda.
- Registrar fotografías, actas, cantidades involucradas y acciones ejecutadas.
- Investigar las causas mediante herramientas como los cinco porqués o el diagrama de Ishikawa.
- Definir acciones correctivas antes de autorizar la reanudación de las actividades.

Mensajes clave y comunicación:

- A la Alta Dirección: descripción objetiva del evento, impacto preliminar, acciones de control y decisiones requeridas.
- Al equipo operativo: instrucciones claras de seguridad y suspensión temporal de las actividades involucradas.
- A la autoridad ambiental: información técnica y documentación oficial conforme a la normativa aplicable.
- A la comunidad o clientes, únicamente cuando exista afectación externa: mensaje breve, transparente y centrado en las medidas adoptadas.

Responsables:

- Responsable Ambiental: dirección técnica de la respuesta.
- Director del Proyecto: coordinación general y comunicación con la Alta Dirección.
- Responsable de Producción: control operativo dentro de la planta.
- Gestor Ambiental Autorizado: atención del incidente durante el retiro y transporte.

5.5.2 Pérdida de trazabilidad o incumplimiento documental

Riesgo: Ausencia, inconsistencia o pérdida de manifiestos, registros de transporte, certificados de recepción o evidencias de valorización, impidiendo demostrar el destino final de una carga de residuo.

Plan de respuesta:

- Suspender temporalmente nuevos despachos al gestor ambiental hasta aclarar la situación.
- Verificar el expediente documental correspondiente al retiro.
- Contrastar registros de Producción, Ambiente, Compras y del gestor ambiental.
- Solicitar formalmente la documentación faltante y establecer un plazo de entrega.
- Realizar una auditoría extraordinaria de trazabilidad.
- Evaluar el incumplimiento contractual y la aplicación de medidas correctivas.
- Informar a la autoridad ambiental cuando exista una obligación legal de reporte.
- Activar un gestor alternativo si el proveedor no puede demostrar el manejo adecuado del residuo.
- Aplicar el checklist de verificación por retiro incluido en el Anexo B, registrando los controles previos al despacho, la recepción y la validación documental. No se programará un nuevo retiro cuando existan dos expedientes incompletos abiertos.

Mensajes clave y comunicación:

- A la Alta Dirección: carga afectada, documentación faltante, riesgo legal y acciones ejecutadas.
- Al gestor ambiental: obligación de presentar evidencias completas y cumplir los requisitos contractuales.
- A los organismos de control: información verificable, evitando emitir

conclusiones sin respaldo documental.

- Al equipo interno: prohibición de realizar nuevos retiros sin el expediente completo.

Responsables:

- Responsable Ambiental: validación de los documentos y cumplimiento normativo.
- Director del Proyecto: activación de la respuesta y seguimiento.
- Área de Compras: gestión contractual con el proveedor.
- Gestor Ambiental: entrega y regularización de las evidencias.

5.5.3 Indisponibilidad del gestor ambiental y acumulación del residuo

Riesgo: El gestor ambiental no puede realizar los retiros programados debido a problemas técnicos, logísticos, legales o de capacidad, provocando acumulación del residuo, ocupación del espacio disponible y afectación a la continuidad operativa.

Plan de respuesta:

- Confirmar inmediatamente la causa y duración estimada de la indisponibilidad.
- Suspender la programación ordinaria y activar el plan de contingencia.
- Determinar la capacidad temporal de almacenamiento disponible en la planta.
- Priorizar la gestión del residuo acumulado según volumen y condiciones de almacenamiento.

- Antes del primer retiro, el Área de Compras, en coordinación con el Área Ambiental, deberá evaluar y dejar documentada una alternativa de gestor autorizado, verificando permisos vigentes, capacidad técnica y logística, tarifa, disponibilidad y condiciones de contratación. Su activación requerirá aprobación del Director del Proyecto y validación presupuestaria de Finanzas. Mientras esta alternativa no esté aprobada, no se considerará disponible y, ante una interrupción del servicio principal, Producción y Ambiente deberán evaluar el almacenamiento temporal dentro de la capacidad autorizada y definir si corresponde reprogramar o suspender los retiros.
- Reprogramar los retiros y ajustar el cronograma de la prueba piloto.
- Evaluar el impacto en costos, toneladas valorizadas y cumplimiento de objetivos.
- Revisar el desempeño contractual del gestor principal.
- Presentar a la Alta Dirección las alternativas de continuidad, ajuste o suspensión temporal.

Mensajes clave y comunicación:

- A la Alta Dirección: causa, volumen acumulado, capacidad disponible y alternativas de respuesta.
- A Producción: instrucciones sobre clasificación y almacenamiento temporal.
- Al gestor principal: exigencia de un plan de recuperación y nueva programación.
- Al gestor alternativo: requerimientos técnicos, volumen y condiciones del

servicio.

- Al equipo del proyecto: actualización realista del cronograma para evitar rumores o información contradictoria.

Responsables:

- Director del Proyecto: coordinación y toma de decisiones operativas.
- Responsable de Producción: control del almacenamiento temporal.
- Responsable Ambiental: verificación de las condiciones ambientales.
- Área de Compras: activación y contratación del proveedor alternativo.

5.5.4 Residuo rechazado o no apto para la producción de compost

Riesgo: El gestor ambiental detecta contaminación, mezcla con otros materiales o condiciones que impiden utilizar el residuo de celulosa como materia prima para compost,

afectando la viabilidad técnica de la prueba piloto.

Plan de respuesta:

- Detener el despacho del lote afectado.
- Aislar e identificar el material para evitar su mezcla con otros lotes.
- Tomar muestras y verificar las causas del rechazo.
- Revisar los procedimientos de segregación, almacenamiento y carga.
- Comparar los resultados con la caracterización técnica disponible.
- Definir el tratamiento o destino alternativo autorizado para el material rechazado.
- Capacitar nuevamente a los colaboradores operativos.

- Realizar un retiro de prueba antes de reanudar el flujo normal.
- Analizar si el problema es puntual o compromete la viabilidad integral del modelo.

Mensajes clave y comunicación:

- A la Alta Dirección: causa probable, cantidad comprometida y efecto sobre la prueba piloto.
- A Producción: instrucciones para mejorar la separación y evitar nuevas contaminaciones.
- Al gestor ambiental: coordinación técnica para establecer criterios claros de aceptación.
- Al Área Ambiental: actualización de registros y control del destino alternativo.

Responsables:

- Responsable de Producción: corrección del proceso de segregación.
- Responsable Ambiental: análisis técnico y control del destino final.
- Gestor Ambiental: justificación documentada del rechazo.
- Director del Proyecto: evaluación del impacto sobre el alcance y los resultados.

5.5.5 Incremento de costos o pérdida de viabilidad económica

Riesgo: Los costos reales de retiro y valorización superan los valores aprobados o eliminan el ahorro esperado respecto al costo actual de $ 27,80 por tonelada y al costo ofertado de $ 21,50 por tonelada.

Plan de respuesta:

- Suspender compromisos adicionales que no sean indispensables.
- Revisar los costos reales por tonelada y las causas de la desviación.
- Verificar cambios en transporte, volumen, frecuencia, tratamiento o condiciones contractuales.
- Actualizar el análisis costo-beneficio y las proyecciones financieras.
- Negociar con el gestor ambiental ajustes en tarifas o condiciones del servicio.
- Evaluar la reducción de gastos no críticos sin afectar el cumplimiento ambiental.
- Comparar nuevamente al gestor principal con proveedores alternativos.
- Presentar a la Alta Dirección escenarios de continuidad, renegociación, modificación o cierre de la prueba piloto.
- Mensajes clave y comunicación:
- A la Alta Dirección: causas concretas, impacto financiero y alternativas de decisión.
- Al Área Financiera: información actualizada para recalcular el ahorro y la viabilidad.
- Al gestor ambiental: necesidad de justificar los incrementos y revisar las condiciones económicas.
- Al equipo del proyecto: medidas de control y ajustes aprobados.
- Responsables:

- Director del Proyecto: coordinación del análisis y presentación de escenarios.
- Responsable Financiero: actualización económica.
- Área de Compras: renegociación contractual.
- Alta Dirección: aprobación de cambios relevantes.

5.5.6 Crisis reputacional o inconformidad de la comunidad

Riesgo: Quejas, denuncias o información negativa relacionada con olores, tránsito de vehículos, supuesto manejo inadecuado del residuo o falta de transparencia, afectando la imagen sostenible de Lunara Andina S.A.

Plan de respuesta:

- Verificar los hechos antes de emitir declaraciones.
- Activar al equipo de crisis conformado por la Alta Dirección, el Director del Proyecto y el Responsable Ambiental.
- Centralizar la vocería para evitar mensajes contradictorios.
- Contactar directamente a las partes afectadas y escuchar sus preocupaciones.
- Presentar evidencias sobre permisos, trazabilidad y medidas de control.
- Corregir inmediatamente las causas verificadas.
- Emitir un comunicado institucional únicamente cuando la situación lo requiera.
- Mantener informadas a las autoridades y a la comunidad sobre las acciones implementadas.

Mensajes clave y comunicación:

- Lunara Andina S.A. mantiene su compromiso con el cumplimiento ambiental y la economía circular.
- La empresa investiga la situación con transparencia y ha adoptado medidas de control.
- El residuo se gestiona mediante un proveedor autorizado y bajo mecanismos de trazabilidad.
- Las inquietudes de la comunidad serán atendidas mediante los canales institucionales.

Responsables:

- Alta Dirección: aprobación del mensaje y vocería institucional.
- Director del Proyecto: consolidación de información.
- Responsable Ambiental: respaldo técnico y normativo.
- Gestor Ambiental: entrega de evidencias sobre transporte y valorización.

5.5.7 Comité de Crisis

Cuando se presente alguno de los escenarios señalados, el Director del Proyecto evaluará la gravedad y, si corresponde, activará el Comité de Crisis

Tabla 83

Comité de Crisis

Integrante	**Responsabilidad**
Alta Dirección	Autorizar decisiones estratégicas, recursos adicionales o suspensión del proyecto.
Director del Proyecto	Coordinar la respuesta, convocar al comité y mantener el registro de decisiones.

Responsable Ambiental	Evaluar el impacto ambiental, gestionar evidencias y coordinar con autoridades.
Responsable de Producción	Proteger la continuidad operativa y ejecutar acciones dentro de la planta.
Responsable Financiero	Determinar el impacto económico de la crisis.
Área de Compras	Gestionar obligaciones contractuales y proveedores alternativos.
Gestor Ambiental	Ejecutar acciones correctivas relacionadas con retiro, transporte y valorización.

La vocería externa estará a cargo de la Alta Dirección o de la persona expresamente designada. Ningún integrante del equipo emitirá declaraciones externas sin autorización previa.

5.5.8 Protocolo general de actuación

1. Detectar y verificar: confirmar el evento y recopilar información objetiva.
2. Clasificar: determinar su impacto ambiental, operativo, económico, legal y reputacional.
3. Contener: detener o aislar la actividad que origina la crisis.
4. Activar responsables: convocar al Comité de Crisis cuando la gravedad lo requiera.
5. Comunicar: informar a cada stakeholder mediante el canal establecido.
6. Resolver: ejecutar las acciones correctivas y definir el plan de recuperación.
7. Reanudar: autorizar la continuidad únicamente cuando las condiciones sean seguras y conformes.
8. Documentar: registrar causas, decisiones, costos, responsables y resultados.
9. Aprender: incorporar las lecciones obtenidas en los procedimientos del proyecto.

5.5.9 Indicadores de gestión de crisis

Tabla 84

Indicadores de gestión de crisis

Indicador	**Meta**
Crisis registradas y documentadas	100%
Comunicación inicial a la Alta Dirección	Máximo 2 horas
Activación de responsables principales	Máximo 1 hora
Plan de acciones correctivas emitido	Máximo 24 horas
Cumplimiento de acciones correctivas	100%
Expedientes de trazabilidad completos después de la crisis	100%
Simulaciones de respuesta realizadas	Al menos 1 antes de iniciar la prueba piloto

5.5.10 Cierre de la gestión de crisis

Una crisis se considerará cerrada cuando el evento se encuentre controlado, se hayan cumplido las obligaciones legales y contractuales, las actividades puedan continuar sin riesgos críticos y se hayan comunicado las decisiones a las partes interesadas correspondientes. Posteriormente, el Director del Proyecto elaborará un informe con las causas, impactos, acciones ejecutadas, resultados y lecciones aprendidas.

La implementación de este plan permitirá reducir la improvisación, proteger la continuidad operativa y asegurar una respuesta coherente frente a eventos que puedan comprometer los objetivos ambientales, económicos y estratégicos del proyecto. La preparación previa, la asignación clara de responsabilidades y la comunicación transparente son elementos fundamentales para limitar los efectos de una crisis y recuperar oportunamente el desarrollo normal de la prueba piloto.

5.6 Conclusiones

1. El proyecto de Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa permite transformar un residuo operativo en un recurso con potencial productivo, fortaleciendo la transición de Lunara Andina S.A. hacia un modelo basado en economía circular.

2. La implementación del modelo mediante un gestor ambiental autorizado representa una alternativa estratégica para mejorar la gestión del residuo, reducir limitaciones operativas y generar beneficios ambientales y económicos para la organización.

3. La coordinación entre Producción, Gestión Ambiental, Finanzas, Compras y el equipo del proyecto será determinante para asegurar una implementación efectiva, manteniendo el equilibrio entre continuidad operativa, cumplimiento ambiental y viabilidad económica.

4. La aplicación de un enfoque híbrido con prácticas ágiles permitirá gestionar la prueba piloto con mayor capacidad de adaptación, facilitando el seguimiento de resultados, la identificación de mejoras y la toma de decisiones oportunas.

5. El éxito del proyecto no dependerá únicamente de la valorización técnica del residuo, sino de la capacidad organizacional para gestionar el cambio, anticipar conflictos y consolidar un modelo sostenible que genere valor a largo plazo para Lunara Andina S.A.

PARTE II

Capítulo 6

Aplicación de Scrum en el proyecto

6.1 Introducción

El proyecto Optimización y Valorización del Residuo de Celulosa mediante Economía Circular busca validar una alternativa externa para aprovechar el residuo de celulosa como

insumo en la producción de compost. La iniciativa responde a una necesidad operativa y ambiental de Lunara Andina S.A.: reducir la acumulación del residuo en planta, mejorar su trazabilidad y evaluar una opción de gestión con menor costo operativo.

Este enfoque se relaciona con la economía circular, que busca evitar que los materiales se conviertan en residuos y mantenerlos en circulación mediante procesos como la reutilización, el reciclaje y el compostaje (Ellen MacArthur Foundation, s. f.).

El proyecto contempla una prueba piloto de 100 toneladas durante 12 semanas. Para su gestión se aplicará un enfoque híbrido: los permisos ambientales, la contratación del gestor, el presupuesto y las aprobaciones se administrarán mediante controles predictivos, mientras que Scrum se utilizará para organizar la ejecución progresiva del piloto, revisar los resultados de cada ciclo e incorporar ajustes antes de recomendar una implementación permanente.

La aplicación de Scrum permitirá coordinar el trabajo de Ambiente, Operaciones, Finanzas y Compras mediante seis Sprints de dos semanas. Cada Sprint generará un incremento verificable y aportará información técnica, ambiental, operativa y económica para la toma de decisiones.

6.2 Descripción del proyecto

6.2.1 Objetivo general

Aplicar Scrum al componente ágil de una prueba piloto de valorización externa de 100 toneladas de residuo de celulosa durante 12 semanas, con el propósito de evaluar el desempeño técnico, ambiental, operativo y económico del modelo y formular una recomendación de continuidad, modificación o descarte.

6.2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la generación, almacenamiento y gestión actual del residuo de celulosa.
- Verificar la caracterización CRETIB y los requisitos ambientales aplicables.
- Evaluar y seleccionar un gestor ambiental autorizado con capacidad técnica y documental.
- Planificar y ejecutar retiros progresivos hasta completar 100 toneladas entregadas al gestor e incorporadas al proceso de valorización con trazabilidad documental.
- Controlar manifiestos, actas, certificados y demás evidencias de trazabilidad.
- Comparar el costo actual de $ 27,80 por tonelada con el costo objetivo de $ 21,50 por tonelada.
- Consolidar resultados y presentar a la Alta Dirección una recomendación sustentada.

6.2.3 Alcance y criterios de éxito

El alcance comprende el diagnóstico, la evaluación y contratación del gestor, la preparación logística, la capacitación del personal, los retiros, la recepción del residuo por parte del gestor, la incorporación al proceso de valorización y la evaluación final. No incluye la implementación permanente ni garantiza la obtención de compost terminado dentro de las 12 semanas, porque el tiempo de procesamiento dependerá de las condiciones técnicas del gestor.

La evidencia científica demuestra que los residuos generados por la industria de pulpa y papel pueden aprovecharse mediante compostaje y otras alternativas de valorización, siempre

que se analicen previamente sus características físicas, químicas y ambientales (Campbell et al., 1995; Haile et al., 2021).

La caracterización del residuo, la selección del gestor, su transporte y la trazabilidad documental deberán cumplir las disposiciones establecidas en la normativa ambiental ecuatoriana aplicable (Presidencia de la República del Ecuador, 2019).

Tabla 85

Criterios de éxito del proyecto

Criterio	**Línea base o meta**	**Evidencia**
Volumen piloto	100 t	Pesajes, actas y certificados
Duración	12 semanas	Cronograma y cierres de Sprint
Costo actual	$ 27,80/t	Registros financieros del modelo vigente
Costo objetivo	$ 21,50/t	Cotización, contrato y facturación
Presupuesto	$ 3.795	Control presupuestario
Ahorro directo esperado	Aprox. $ 630	Comparación de costos para 100 t
Trazabilidad	100 % de cargas	Manifiestos, actas y certificados completos

6.3 Aplicación de Scrum

6.3.1 Pilares y valores

Scrum se fundamenta en la transparencia, la inspección y la adaptación, y promueve los valores de compromiso, enfoque, apertura, respeto y coraje. En este proyecto, estos elementos permitirán revisar los avances, identificar desviaciones y ajustar el trabajo sin eliminar los controles ambientales, contractuales y financieros aplicables (Schwaber & Sutherland, 2020a).

Tabla 86

Aplicación de los pilares y valores de Scrum

Principio o valor	**Aplicación en el proyecto**
Transparencia	Los costos, toneladas, documentos, avances e impedimentos estarán disponibles para el equipo y los interesados.
Inspección	Los incrementos y los indicadores serán revisados al cierre de cada Sprint.
Adaptación	El Product Backlog y el plan de trabajo se ajustarán de acuerdo con los resultados y riesgos identificados.
Compromiso	Cada integrante asumirá responsabilidades vinculadas con el Objetivo del Sprint.
Respeto y apertura	Las decisiones considerarán la experiencia y responsabilidad técnica de cada área y Los avances, problemas y cambios necesarios se comunicarán oportunamente.
Enfoque y coraje	El equipo concentrará sus esfuerzos en los elementos priorizados del Sprint Backlog y comunicará las desviaciones y propondrá ajustes cuando una alternativa no sea viable.

6.3.2 Roles de Scrum

Tabla 87

Asignación de roles Scrum

Rol Scrum	**Asignación en el proyecto**	**Responsabilidad principal**
Product Owner	Especialista en Seguridad y Gestión Ambiental designado por la Alta Dirección	Representar las necesidades del negocio; ordenar el Product Backlog; priorizar valor ambiental, operativo y económico; y aceptar los incrementos.
Scrum Master	Director del Proyecto	Facilitar los eventos Scrum, promover la colaboración, gestionar impedimentos y asegurar la aplicación del enfoque híbrido.
Developers	Gerente de Operaciones, Controller Senior, Jefe de Compras y personal técnico u operativo requerido	Planificar y ejecutar el trabajo del Sprint, mantener la calidad de la información y entregar incrementos utilizables.
Stakeholder	Gestor Ambiental Autorizado	Ejecutar retiros y valorización, aportar

externo		evidencias y participar en revisiones cuando corresponda; no integra permanentemente el Scrum Team.

6.3.3 Product Backlog

El Product Owner mantendrá el Product Backlog ordenado por valor, riesgo y dependencia. Los elementos relacionados con permisos, contratación y aprobaciones funcionarán como condiciones de entrada para las actividades operativas del piloto.

Tabla 88

Product Backlog del proyecto

Prioridad	**Elemento del Product Backlog**	**Criterio de aceptación**
1	Validar el diagnóstico del proceso actual	Volumen, frecuencia, costo, almacenamiento y responsables documentados.
2	Confirmar caracterización CRETIB	Informe técnico revisado y aptitud de valorización sustentada.
3	Verificar gestores autorizados	Permisos vigentes, capacidad operativa y experiencia comprobadas.
4	Comparar propuestas	Matriz técnica, ambiental, económica y contractual aprobada.
5	Seleccionar y contratar al gestor	Contrato y nivel de servicio formalizados.
6	Diseñar el plan logístico	Rutas, frecuencias, pesaje, almacenamiento y contingencias definidos.
7	Capacitar al personal	Asistencia y evaluación de comprensión registradas.
8	Ejecutar retiros piloto	Cargas entregadas sin afectar la producción.
9	Controlar la trazabilidad	Expediente completo por cada retiro.
10	Monitorear indicadores	Toneladas, costo/t, tiempos, incidencias y espacio liberado actualizados.
11	Evaluar al proveedor	Desempeño técnico, ambiental y contractual calificado.

12	Emitir informe final	Resultados consolidados y recomendación aprobada.

6.3.4 Incrementos y definición de terminado

Cada Sprint deberá producir un incremento verificable. Un elemento se considerará terminado cuando cumpla su criterio de aceptación, tenga responsable identificado, cuente con evidencia documental, haya superado la revisión técnica correspondiente y esté disponible para la Sprint Review. Las actividades sujetas a aprobación ambiental, contractual o presupuestaria no podrán declararse terminadas sin el control formal aplicable.

6.3.5 Eventos Scrum

Tabla 89

Eventos Scrum aplicados al proyecto

Evento	**Aplicación**
Sprint Planning	Define el Objetivo del Sprint, selecciona elementos del backlog y acuerda el plan de trabajo.
Daily Scrum	Reunión diaria de hasta 15 minutos para revisar avance, siguiente acción e impedimentos.
Sprint Review	Presenta el incremento a los interesados, revisa indicadores y adapta el Product Backlog.
Sprint Retrospective	Analiza la forma de trabajo y acuerda mejoras para el siguiente Sprint.

6.4 Planificación de los Sprints

El proyecto se desarrollará mediante seis Sprints de dos semanas. Esta organización permitirá entregar incrementos verificables, revisar periódicamente los avances y adaptar el trabajo de acuerdo con la evidencia obtenida durante la ejecución. La planificación también

respeta los hitos definidos en los entregables anteriores y evita concentrar la selección del gestor, la ejecución del piloto y la evaluación final en un solo ciclo (Universidad Internacional del Ecuador, 2026).

Tabla 90

Planificación de los seis Sprints

Sprint	Semanas	Objetivo	Incremento esperado
1	1 - 2	Validar la situación actual	Diagnóstico técnico, económico y ambiental validado.
2	3 - 4	Evaluar alternativas y seleccionar al gestor	Gestor seleccionado; permisos, propuesta y condiciones verificadas.
3	5 - 6	Preparar e iniciar el piloto	Plan logístico, capacitación y primeros retiros trazables.
4	7 - 8	Ejecutar y revisar el avance intermedio	Indicadores intermedios y acciones correctivas acordadas.
5	9 -10	Continuar la valorización y validar desempeño	Datos consolidados de costos, toneladas, trazabilidad y cumplimiento.
6	11-12	Completar el piloto y sustentar la decisión	100 t gestionadas, evidencias finales, evaluación e informe.

6.4.1 Sprint Backlog del Sprint 1

Objetivo del Sprint 1: validar el diagnóstico técnico, económico y ambiental del modelo actual de gestión del residuo de celulosa.

Tabla 91

Sprint Backlog del Sprint 1

Actividad	Responsable	Resultado
Recopilar datos de generación y almacenamiento	Gerente de Operaciones	Registro de volúmenes, frecuencia y capacidad.
Documentar el flujo actual del residuo	Operaciones y Ambiente	Mapa del proceso y puntos de control.
Revisar caracterización CRETIB y requisitos	Especialista Ambiental	Validación técnica y brechas identificadas.

Determinar el costo actual por tonelada	Controller Senior	Línea base de $ 27,80/t verificada.
Identificar restricciones e impedimentos	Scrum Team	Registro priorizado de riesgos y dependencias.
Consolidar el diagnóstico	Director del ProyectoIncremento listo para revisión y aceptación.	

6.4.2 Secuencia de cada Sprint

1. Sprint Planning: se acuerdan el objetivo, los elementos seleccionados y el plan de ejecución.

2. Ejecución y Daily Scrum: el equipo desarrolla el trabajo, inspecciona el avance y gestiona impedimentos.

3. Sprint Review: se presenta y evalúa el incremento con los stakeholders pertinentes.

4. Sprint Retrospective: el Scrum Team define mejoras para su forma de trabajo.

5. Planificación del siguiente Sprint: se realiza después de incorporar la retroalimentación y reordenar el Product Backlog.

6.5 Revisión del Sprint

Al cierre del Sprint 1, se prevé presentar a la Alta Dirección y a las áreas involucradas el diagnóstico técnico, económico y ambiental del modelo actual. Se revisarán el volumen generado, el almacenamiento, la caracterización ambiental y el costo de referencia de $27,80 por tonelada. Las brechas documentales identificadas se incorporarán al Product Backlog y deberán resolverse antes de aprobar la selección del gestor.

6.5.1 Evidencias por presentar

- Registro de generación, frecuencia y almacenamiento del residuo.

- Descripción del proceso actual y sus principales dificultades.
- Resultado de la revisión CRETIB y requisitos ambientales. Cálculo sustentado del costo actual de $ 27,80 por tonelada.
- Lista inicial de riesgos, dependencias e información faltante. Recomendaciones para la evaluación de gestores en el Sprint 2.

6.5.2 Retroalimentación y adaptación

El Product Owner aceptará el incremento cuando cumpla la definición de terminado.

La retroalimentación recibida podrá modificar el orden del Product Backlog, aclarar requisitos o incorporar nuevas tareas. Si se detecta que la caracterización ambiental o la información de costos es insuficiente, la brecha deberá resolverse antes de aprobar actividades que dependan de ella. Solo después de la Sprint Review y de la Retrospective se realizará la planificación detallada del Sprint 2.

6.6 Retrospectiva del Sprint

La Sprint Retrospective se realizará después de la Sprint Review y antes de la planificación del siguiente Sprint. Durante este evento, el equipo evaluará la coordinación entre las áreas, la disponibilidad y calidad de la información, el cumplimiento de las responsabilidades y los impedimentos identificados. Como resultado, se establecerán acciones concretas de mejora para fortalecer la ejecución del Sprint 2.

Tabla 92

Resultados de la retrospectiva del Sprint 1

Pregunta	**Análisis inicial**	**Acción para el siguiente Sprint**
¿Qué funcionó	Participación de las áreas y	Mantener reuniones breves y

bien?	disponibilidad de información.	responsables definidos.
¿Qué debe mejorar?	Tiempos de respuesta, calidad documental y claridad de responsabilidades.	Establecer fechas límite y una lista única de entregables.
¿Qué impedimentos podrían presentarse?	Demoras de proveedores o documentos habilitantes incompletos.	Asignar el seguimiento a Compras y escalar los bloqueos al Scrum Master.
¿Qué se ajustará en el siguiente Sprint?	Priorización de actividades necesarias para seleccionar al gestor.	Verificar los criterios de aceptación antes de comparar propuestas

La retrospectiva deberá cerrar con al menos una acción de mejora, un responsable y una fecha de comprobación. Estas acciones formarán parte del Sprint Backlog siguiente para asegurar que la mejora continua se traduzca en cambios observables.

6.7 Informe final

6.7.1 Aplicación de Scrum y resultados esperados

La aplicación de Scrum dentro del enfoque híbrido permitirá avanzar mediante incrementos verificables sin perder los controles regulatorios, contractuales y financieros. Cada Sprint entregará información suficiente para decidir el siguiente paso y reducirá la incertidumbre antes de comprometer recursos adicionales.

Resultados previstos al finalizar los Sprints

- Diagnóstico técnico, ambiental y económico validado.
- Gestor ambiental seleccionado y contratado con documentación habilitante.
- Plan logístico y personal capacitado antes del inicio operativo.
- 100 toneladas retiradas, entregadas al gestor e incorporadas al proceso de valorización con trazabilidad documental completa.

- Comparación del costo real por tonelada frente a las líneas base.
- Evaluación del cumplimiento ambiental, operativo y contractual.
- Recomendación final de continuidad, modificación o descarte del modelo.

6.7.2 Indicadores para la decisión

Tabla 93

Indicadores para la decisión final

Indicador	**Meta o criterio**
Toneladas valorizadas	100 t al cierre del Sprint 6
Trazabilidad documental	100 % de cargas con expediente completo
Costo de valorización	Objetivo de $ 21,50/t y comparación con $ 27,80/t
Ahorro directo	Aproximadamente $ 630 para 100 t, sujeto a costos reales
Cumplimiento ambiental	Sin incumplimientos críticos y con permisos vigentes
Continuidad operativa	Retiros ejecutados sin afectaciones relevantes a producción
Desempeño del gestor	Cumplimiento de frecuencia, capacidad, trazabilidad y nivel de servicio

6.7.3 Lecciones aprendidas

Durante la planificación se identificó que la viabilidad del modelo de valorización no debe evaluarse únicamente por el ahorro económico. La decisión también deberá considerar el cumplimiento ambiental, la trazabilidad documental, la continuidad operativa y la capacidad técnica del gestor.

Asimismo, se reconoció la importancia de establecer roles definidos, criterios de aceptación verificables y mecanismos para compartir información entre Ambiente, Operaciones,

Nota sobre derechos de autor: este trabajo y lo que en él se expone tiene una validez académica, quedando copia de este en la biblioteca digital de Westfield Business School. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otr

Finanzas y Compras. La planificación de las Sprint Reviews y retrospectivas permitirá revisar progresivamente los resultados y mejorar la coordinación durante la ejecución del piloto.

6.8 Conclusiones

La aplicación de Scrum al componente ágil del proyecto permitirá gestionar progresivamente la prueba piloto de valorización del residuo de celulosa, manteniendo los controles ambientales, contractuales y financieros definidos dentro del enfoque híbrido. La organización en seis Sprints de dos semanas facilitará la revisión continua de los avances y la incorporación oportuna de ajustes durante las 12 semanas de ejecución.

Cada Sprint generará un incremento verificable relacionado con el diagnóstico, la selección del gestor ambiental, la preparación logística, la ejecución de los retiros, el control de la trazabilidad y la evaluación final. Esta estructura permitirá reducir la incertidumbre y evitar que la decisión sobre la continuidad del modelo se tome únicamente al finalizar el piloto.

La Alta Dirección contará con evidencia técnica, ambiental, operativa y económica para determinar si el modelo de valorización externa debe implementarse permanentemente. La decisión se sustentará en la incorporación de 100 toneladas al proceso de valorización, la trazabilidad documental de las cargas, la comparación del costo real frente a las líneas base, el desempeño del gestor y la continuidad de la operación.

En este sentido, Scrum contribuirá a que la optimización y valorización del residuo de celulosa se gestione de forma ordenada, adaptable y orientada a resultados, fortaleciendo la transición de Lunara Andina S.A. hacia un modelo de economía circular.

Capítulo 7

Diseño de un sistema Kanban para un proceso de trabajo

7.1 Introducción

Lunara Andina S.A. propone implementar un sistema Kanban para controlar el flujo de retiros de la prueba piloto de valorización externa de 100 toneladas de residuo de celulosa. El proceso comprende la programación de cada lote, su preparación, la validación documental, el transporte, la recepción por el gestor ambiental y el cierre de la trazabilidad. La recomendación es operar el piloto con un tablero visual, políticas explícitas y límites de trabajo en progreso que coordinen a Ambiente, Operaciones, Compras, Finanzas, el transportista y el gestor autorizado.

Kanban es una estrategia para optimizar el flujo de valor mediante un sistema visual y de arrastre. Sus prácticas esenciales consisten en definir y visualizar el flujo de trabajo, gestionar activamente los elementos y mejorar el sistema (Coleman et al., 2025). La visualización por sí sola no es suficiente: el control del trabajo iniciado y no terminado evita que el equipo abra más frentes de los que puede completar, hace visibles los cuellos de botella y promueve que la capacidad disponible se utilice para terminar antes de iniciar (Kanban University, 2021).

Su aplicación es pertinente porque los retiros son repetitivos, atraviesan varias áreas, dependen de autorizaciones y evidencias, y pueden bloquearse por capacidad de almacenamiento, transporte o revisión documental. El sistema propuesto no reemplaza Scrum ni los controles predictivos definidos en la semana anterior. Scrum conserva la inspección del proyecto en seis Sprints de dos semanas, Kanban gestiona el flujo diario de cargas y tareas habilitadoras. De este modo, ambos enfoques se complementan.

7.1.1 Objetivos del sistema

Identificar y justificar un proceso real adecuado para aplicar Kanban dentro del piloto de economía circular.

Definir etapas, elementos de trabajo, responsables, criterios de entrada y salida y límites WIP.

Representar el flujo en un tablero comprensible y establecer reglas de operación, medición y mejora.

Proponer una implementación gradual que preserve el cumplimiento ambiental y la continuidad operativa.

7.2 Selección del proceso de trabajo

7.2.1 Proceso seleccionado

Se seleccionó la gestión integral de retiros piloto de residuo de celulosa, desde que una carga potencial entra en la lista de opciones hasta que su recepción, peso, costo y documentación quedan validados. El piloto prevé seis retiros que suman 100 toneladas: R-01 de 15 t, R-02 de 20 t, R-03 de 20 t, R-04 de 20 t, R-05 de 15 t y R-06 de 10 t. La distribución es una hipótesis operativa inicial y podrá adaptarse sin modificar la meta total, siempre que se respeten capacidad, permisos y trazabilidad.

Tabla 94

Características del proceso seleccionado

Dimensión

Inicio	Carga priorizada y con capacidad disponible para comenzar su preparación.
Fin	Recepción confirmada; pesaje, manifiesto, acta o certificado y costo conciliados.
Cliente del flujo	Lunara Andina S.A., Alta Dirección y áreas responsables del cumplimiento.
Valor entregado	Residuo retirado sin afectar la producción y evidencia completa para decidir continuidad.
Participantes	Ambiente, Operaciones, Compras, Finanzas, transportista y gestor autorizado.
Cadencia	Revisión diaria breve; reposición semanal; revisión de métricas cada dos semanas.
Meta	100 t valorizadas, 100 % de cargas trazables y costo objetivo de $ 21,50/t.

7.2.1.1 Justificación

El proceso presenta una llegada continua de trabajo, pasos repetibles, dependencias entre áreas y capacidad limitada. Cada retiro puede representarse como una tarjeta que avanza solo cuando cumple las condiciones de la etapa. Esta granularidad permite observar esperas que un cronograma general no muestra, por ejemplo, una carga preparada que permanece detenida por falta de manifiesto o un retiro transportado cuya evidencia no ha sido conciliada.

La valorización mantiene materiales en circulación; el compostaje es una vía de aprovechamiento cuando existe control técnico y ambiental (Ellen MacArthur Foundation, s. f.-b). Por ello, la velocidad no será el único criterio: calidad y cumplimiento son condiciones obligatorias de movimiento.

7.3 Diseño del sistema Kanban

7.3.1 Definición del flujo de trabajo

El sistema comienza con opciones priorizadas y termina cuando el elemento produce un resultado verificable. Las columnas representan estados reales, no departamentos. Esto evita que una tarjeta se mueva por el simple hecho de haber sido enviada a otra persona.

Tabla 95

Definición del flujo de trabajo

Etapa	Propósito	Criterio de salida
Opciones	Ordenar retiros y habilitadores por valor, riesgo y dependencia.	Prioridad acordada y datos mínimos completos.
Listo	Mantener trabajo elegible para ser iniciado.	Existe señal de capacidad en Preparación.
Preparación y verificación	Acondicionar, pesar preliminarmente y revisar requisitos.	Carga conforme y expediente previo aprobado.
Listo para retiro	Esperar la ventana confirmada sin añadir trabajo incompleto.	Vehículo, ruta, horario y responsables confirmados.
Transporte y recepción	Trasladar y entregar al gestor autorizado.	Recepción y pesaje de destino confirmados.
Validación y trazabilidad	Conciliar toneladas, documentos, incidencias y costo.	Expediente completo y aceptación del responsable.
Terminado	Conservar el historial de valor entregado.	No aplica; columna de salida.

7.3.1.1 Definición de iniciado y terminado

Un retiro se considera iniciado cuando su tarjeta pasa de Listo a Preparación y verificación; desde ese momento consume WIP. Se considera terminado únicamente cuando el gestor confirmó la recepción, los pesos fueron conciliados, el expediente posee los documentos

aplicables, las incidencias tienen tratamiento y Finanzas dispone del costo real. Transportar el residuo sin cerrar la evidencia no equivale a terminar.

7.3.1.2 Límites de trabajo en progreso

Los límites se fijan inicialmente con base en la capacidad compartida del equipo y el riesgo de acumular cargas o expedientes abiertos. Son hipótesis de diseño, no cifras permanentes. El equipo deberá revisarlos con datos reales después de dos Sprints. Las columnas Opciones y Terminado no consumen WIP; Listo se limita como cola de entrada para impedir una preparación excesiva.

Tabla 96

Límites WIP y justificación

Etapa	Límite	Razón de capacidad	Acción al alcanzar el límite
Opciones	Sin límite WIP	Trabajo aún no iniciado; permanece ordenado.	No iniciar por empuje; reordenar si cambia el riesgo.
Listo	5	Mantiene opciones cercanas sin saturar el sistema.	No reponer hasta liberar un espacio.
Preparación y verificación	3	Ambiente y Operaciones comparten revisión y acondicionamiento.	Colaborar para desbloquear o terminar la tarjeta más antigua.
Listo para retiro	2	Evita acumulación física y reprogramaciones simultáneas.	No preparar otra carga; confirmar vehículo y ventana.
Transporte y recepción	2	Capacidad máxima simultánea prevista de coordinación externa.	Resolver la recepción antes de despachar otra carga.
Validación y trazabilidad	3	La revisión documental y financiera es capacidad escasa.	Priorizar expedientes antiguos y suspender nuevos retiros si existe riesgo.
Terminado	Sin	Representa valor entregado,	Archivar y usar datos para

límite	no trabajo activo.	métricas.

7.3.1.3 Regla de arrastre

Una tarjeta solo avanza cuando la etapa siguiente tiene capacidad y se cumple su criterio de entrada. La persona responsable de la etapa siguiente "jala" el elemento disponible de mayor prioridad. No se permite superar un límite para aparentar avance. Una excepción por emergencia ambiental requiere aprobación del responsable de Ambiente, marca de clase Expedita, razón documentada y revisión posterior de su impacto.

7.3.1.4 Elementos de trabajo

El tablero utiliza tres tipos de tarjetas: retiros, habilitadores y correcciones. Las tarjetas de retiro son las unidades principales de valor; los habilitadores hacen posible el flujo, y las correcciones resuelven hallazgos que impiden cumplir la definición de terminado.

Tabla 97

Inventario inicial de elementos de trabajo

ID	**Tipo**	**Elemento**	**Priori*dad***	**Aceptación**
H-01	Habilitador	Verificar permisos y vigencia del gestor	Alta	Matriz y respaldos aprobados.
H-02	Habilitador	Confirmar plan logístico y contingencias	Alta	Ruta, ventanas y responsables definidos.
H-03	Habilitador	Capacitar al personal involucrado	Alta	Asistencia y comprensión registradas.
R-01	Retiro	Retirar y validar lote de 15 t	Alta	Recepción y expediente completos.
R-	Retiro	Retirar y validar lote de 20 t	Alta	Recepción y expediente

02				completos.
R-03	Retiro	Retirar y validar lote de 20 t	Media	Recepción y expediente completos.
R-04	Retiro	Retirar y validar lote de 20 t	Media	Recepción y expediente completos.
R-05	Retiro	Retirar y validar lote de 15 t	Media	Recepción y expediente completos.
R-06	Retiro	Retirar y validar lote de 10 t	Media	Recepción y expediente completos.
C-01	Corrección	Cerrar diferencias de pesaje o documentos	Según riesgo	Diferencia explicada y aprobada.
H-04	Habilitador	Consolidar tablero de decisión final	Baja	Indicadores y recomendación sustentados.

7.3.1.5 Clases de servicio

La clase Estándar se aplica a los retiros planificados y sigue prioridad y antigüedad. La clase Fecha fija se usa cuando una ventana contractual o de capacidad del gestor no puede moverse; debe ingresar con anticipación suficiente. La clase Expedita se reserva para un riesgo ambiental u operativo inmediato y solo puede existir una tarjeta expedita activa en todo el sistema. Esta regla evita que toda solicitud urgente desplace el trabajo ordinario.

7.4 Creación del tablero Kanban

La tabla muestra un escenario operativo de referencia. Los colores diferencian las etapas del flujo y los números entre paréntesis indican sus

límites WIP. Las tarjetas bloqueadas se marcarán con X e incluirán causa, responsable y fecha. Las tarjetas se codifican como R (retiros), H

(habilitadores) y C (correcciones). El número identifica la actividad y, en los retiros, se añade el tonelaje; por ejemplo, R-01 | 15 t.

Tabla 98

Tablero Kanban del piloto de valorización

Opciones	Listo (5)	Preparación (3)	Listo retiro (2)	Transporte (2)	Validación (3)	Terminado
R-06 | 10 t Programar ventana	R-05 | 15 t Datos completos	R-04 | 20 t Acondicionar y pesar	R-03 | 20 t Vehículo confirmado	R-02 | 20 t En ruta al gestor	R-01 | 15 t Conciliar pesajes	H-01 Gestor verificado
H-04 Tablero de decisión		H-03 Refuerzo de capacitación				H-02 Plan logístico aprobado
C-01 Diferencia documental						

Leyenda: amarillo = opciones; azul = preparación; verde = ejecución logística; naranja = validación; gris = terminado; X = tarjeta bloqueada. Nota. Escenario de referencia para la puesta en marcha. WIP observado: Preparación 2/3, Listo para retiro 1/2, Transporte 1/2 y Validación 1/3; no se excede ningún límite.

7.4.1 Lectura del tablero

R-01 está físicamente recibida, pero continúa abierta hasta conciliar pesos y documentos. R-02 ocupa la capacidad de transporte. R-03 no debe salir hasta que Transporte disponga de espacio. El equipo prioriza terminar R-01 y R-02; solo después jala nuevos elementos. Esta lectura desplaza la atención desde "qué tan ocupada está cada persona" hacia "qué impide que el valor fluya".

7.4.2 Diseño de las tarjetas Kanban

Cada tarjeta debe permitir que cualquier integrante comprenda el trabajo sin recurrir a una explicación paralela. Los documentos confidenciales no se adjuntarán públicamente al tablero; se incluirá un enlace o código hacia el repositorio autorizado.

Tabla 99

Contenido mínimo de las tarjetas

Campo	**Contenido y finalidad**
Identificador	Código único, por ejemplo R-03.
Título	Acción y resultado esperado.
Tipo y clase	Retiro, habilitador o corrección; Estándar, Fecha fija o Expedita.
Cantidad	Toneladas estimadas y reales cuando corresponda.
Responsable actual	Persona que coordina el estado, sin eliminar la responsabilidad compartida.
Fechas	Ingreso al sistema, inicio, último movimiento y fecha fija, si aplica.
Criterios	Lista verificable de entrada y salida de la etapa.
Bloqueo	Causa, responsable de resolver y fecha de escalamiento.
Evidencia	Vínculo controlado a pesajes, manifiestos, actas, certificados y costos.
Riesgo	Ambiental, operativo, documental o financiero.

7.4.2.1 Ejemplo de tarjeta

Tabla 100

Ejemplo de tarjeta

Identificador	**Ejemplo R-03**
Título	Retirar y validar lote de 20 toneladas de residuo de celulosa
Tipo de trabajo	Retiro
Clase de servicio	Estándar
Prioridad	Media
Estado actual	Listo para retiro
Responsable	Coordinación de Operaciones
Fecha prevista	Según cronograma del piloto
Criterio de entrada	Carga acondicionada, pesaje preliminar realizado y expediente previo aprobado
Criterio para avanzar	Vehículo, ruta, horario, gestor y capacidad en Transporte confirmados
Riesgo principal	Reprogramación del transportista o del gestor ambiental
Bloqueo	No aplica en el escenario representado
Evidencias requeridas	Orden de retiro, manifiesto, pesaje de origen y destino, constancia de recepción y certificado del gestor
Definición de terminado	Recepción confirmada, pesos conciliados, expediente completo, incidencias cerradas y costo real validado

La tarjeta R-03 concentra la información necesaria para controlar el retiro sin depender de comunicaciones externas al tablero. Su movimiento entre etapas está

condicionado por criterios verificables y por la disponibilidad establecida en los límites WIP. En caso de bloqueo, la tarjeta deberá registrar la causa, la persona responsable de resolverla y la fecha de escalamiento. La actividad únicamente podrá considerarse terminada cuando la recepción, la trazabilidad documental y el costo del lote hayan sido validados.

7.4.3 Políticas explícitas del sistema

Las políticas siguientes convierten el tablero en un sistema gestionable. Deben permanecer visibles junto al tablero y modificarse únicamente durante una revisión de mejora, con acuerdo de los responsables del proceso.

Tabla 101

Políticas explícitas del sistema Kanban

Política	
Reposición	Cada semana se seleccionan hasta cinco elementos para Listo según valor, riesgo, fecha y dependencia.
Arrastre	Solo se inicia trabajo cuando existe capacidad en la etapa siguiente y se cumple el criterio de entrada.
WIP	No se rebasa un límite. Al alcanzarlo, el equipo ayuda a terminar o desbloquear antes de iniciar.
Prioridad	Primero Expedita, luego Fecha fija y después Estándar por prioridad y antigüedad.
Bloqueos	Se marcan de inmediato; si duran más de 24 horas laborables, se escalan al Director del Proyecto.
Calidad	Una tarjeta no avanza con permisos vencidos, carga no conforme o evidencia obligatoria faltante.
Definición de terminado	Recepción, pesos, trazabilidad, incidencias y costo conciliados y aceptados.
Actualización	Quien ejecuta el cambio actualiza la tarjeta el mismo día.
Revisión diaria	Máximo 15 minutos, de derecha a izquierda, concentrada en envejecimiento y bloqueos.
Mejora	Cada dos semanas se revisan métricas y se prueba un cambio pequeño, reversible y medible.

7.4.4 Gobernanza y responsabilidades

El Especialista en Seguridad y Gestión Ambiental mantiene las políticas ambientales y valida la trazabilidad; Operaciones coordina preparación y despacho; Compras gestiona

compromisos con el proveedor; Finanzas valida costos; el Director del Proyecto facilita revisiones y eliminación de impedimentos; y el gestor aporta confirmaciones y certificados.

La propiedad de una tarjeta indica coordinación actual, no transferencia total de responsabilidad.

7.5 Implementación propuesta

La implementación se ejecutará de forma gradual durante las 12 semanas del piloto.

En la primera semana se levantará la línea base y, desde el primer retiro, se registrarán tiempos, bloqueos, volumen, costo y cumplimiento documental. La eficacia del sistema se determinará al comparar esos datos con los objetivos operativos y ambientales, sin atribuir beneficios antes de contar con evidencia del piloto.

Tabla 102

Plan de implementación del sistema Kanban

Periodo		
Semana 1	Acordar flujo, políticas, roles, fuentes de evidencia y línea base.	Tablero configurado y criterios compartidos.
Semana 2	Capacitar al equipo y simular el recorrido de una tarjeta.	Dudas resueltas antes del primer retiro.
Semanas 3 a 4	Operar con los límites iniciales y registrar tiempos y bloqueos.	Primer conjunto de datos de flujo.
Semanas 5 a 8	Ajustar políticas o capacidad con una hipótesis por vez.	Menos esperas sin reducir cumplimiento.
Semanas 9 a 12	Estabilizar el sistema y consolidar resultados.	Recomendación sobre continuidad y diseño futuro.

7.5.1 Rutinas de retroalimentación

Reunión Kanban diaria: recorrer el tablero de derecha a izquierda, revisar tarjetas envejecidas, bloqueos y capacidad disponible.

Reposición semanal: seleccionar trabajo para Listo sin exceder cinco elementos y confirmar fechas fijas.

Revisión de entrega quincenal: contrastar toneladas, expedientes, costo y continuidad operativa con los objetivos del Sprint.

Revisión del flujo quincenal: analizar tiempo de ciclo, rendimiento, WIP, edad y bloqueos; decidir un ajuste verificable.

Revisión de riesgos mensual: evaluar permisos, capacidad del gestor, transporte, contingencias y desviaciones financieras.

7.5.2 Herramienta digital sugerida

Puede utilizarse una herramienta digital accesible al equipo con columnas, límites visibles, etiquetas, historial y exportación de datos. La selección tecnológica es secundaria: el tablero debe reflejar el proceso real, conservar evidencia de movimientos y permitir medir el

flujo. Si se usa un tablero físico, las métricas se registrarán en una hoja de control con fecha y responsable.

7.6 Seguimiento y mejora continua

Kanban exige gestionar activamente los elementos y mejorar el flujo. Para ello se medirán indicadores de flujo y de resultado. Los primeros muestran cómo circula el trabajo; los

segundos confirman si el piloto entrega valor ambiental, operativo y económico. El conteo de una carga como terminada requiere cumplir la definición acordada.

Tabla 103

Indicadores para evaluar el sistema

Indicador	**Definición**	**Uso o meta inicial**
WIP	Elementos iniciados y no terminados.	Respetar los límites por etapa.
Tiempo de ciclo	Días desde Preparación hasta Terminado.	Establecer línea base y reducir esperas evitables.
Rendimiento	Elementos terminados por semana.	Observar estabilidad, no maximizar a costa de calidad.
Edad del elemento	Tiempo transcurrido de cada tarjeta activa.	Alertar antes de incumplir el nivel esperado.
Tiempo bloqueado	Horas o días sin avance por impedimento.	Identificar causas recurrentes y responsables.
SLE inicial	Expectativa probabilística de servicio.	Tras datos suficientes: 85 % de retiros dentro de 7 días laborables; hipótesis a calibrar.
Volumen valorizado	Toneladas recibidas y aceptadas.	100 t al cierre del piloto.
Trazabilidad	Cargas con expediente completo / cargas recibidas.	100 %.
Costo unitario	Costo real total / toneladas aceptadas.	Comparar con $ 27,80/t y objetivo $ 21,50/t.
Continuidad	Incidencias que afectan la producción.	Ninguna afectación crítica.

7.6.1 Uso de los datos

El diagrama de flujo acumulado permitirá observar acumulaciones entre estados; el gráfico de tiempo de ciclo mostrará dispersión y tendencias; y el gráfico de envejecimiento ayudará a intervenir antes de que una tarjeta exceda la expectativa de servicio. La SLE propuesta no se presenta como compromiso contractual: se validará después de obtener una

muestra suficiente. Si Validación concentra WIP y tiempo bloqueado, la respuesta inicial será colaborar en el cierre documental o simplificar controles duplicados, no elevar automáticamente el límite.

7.7 Riesgos y respuesta

Tabla 104

Riesgos de implementación y acciones de respuesta

Riesgo	Señal observable	Respuesta
Tablero desactualizado	El estado digital difiere del estado físico.	Actualizar el mismo día y revisar la tarjeta en la reunión diaria.
WIP ignorado	Se inician cargas aun cuando la columna está llena.	Detener nuevas entradas, terminar lo antiguo y analizar la causa.
Urgencias permanentes	Varias tarjetas Expedita compiten entre sí.	Máximo una expedita activa; revisar la clasificación con Ambiente.
Documentación tardía	Cargas recibidas se acumulan en Validación.	Prevalidar documentos, asignar apoyo y escalar a las 24 horas.
Optimización local	Un área acelera su etapa y congestiona la siguiente.	Medir el tiempo de extremo a extremo y decidir como sistema.
Métrica mal utilizada	Se premia cantidad sin considerar cumplimiento.	Combinar flujo con trazabilidad, costo, seguridad y continuidad.
Proveedor sin capacidad	Reprogramaciones o tarjetas envejecidas.	Aplicar nivel de servicio, ventana alternativa y contingencia aprobada.
Cambio no controlado	Se modifican límites sin hipótesis ni registro.	Cambiar una variable por vez y comparar antes y después.

7.7.1 Criterios para ajustar los límites WIP

Un límite podrá modificarse cuando existan al menos dos ciclos de revisión, datos consistentes y una causa identificada. Aumentarlo es razonable si la capacidad real creció y la

etapa siguiente puede absorber el trabajo. Reducirlo es razonable si mejora el enfoque sin generar ociosidad sistémica ni riesgo operativo. Cada cambio registrará fecha, hipótesis, responsable, métrica esperada y resultado observado.

7.7.2 Integración con el enfoque híbrido

Los permisos, contratos, presupuesto y autorizaciones continúan sujetos a controles predictivos. Scrum organiza los incrementos quincenales y Kanban regula el flujo diario. El

control ambiental y la viabilidad técnica se sustentan en la normativa ecuatoriana y en estudios sobre valorización de residuos de pulpa y papel (Campbell et al., 1995; Haile et al., 2021; Presidencia de la República del Ecuador, 2019).

7.8 Conclusiones

La gestión integral de retiros piloto es adecuada para Kanban porque contiene unidades de trabajo identificables, etapas repetibles, múltiples responsables, capacidad limitada y riesgos de acumulación. El tablero diseñado representa el flujo desde Opciones hasta Terminado y convierte el avance en evidencia observable.

Los límites WIP propuestos cinco elementos en Listo, tres en Preparación, dos en Listo para retiro, dos en Transporte y tres en Validación protegen la capacidad compartida y obligan a resolver bloqueos antes de abrir nuevos frentes. Su utilidad dependerá del respeto a la regla de arrastre y de la revisión posterior con datos reales.

El diseño conserva el objetivo de economía circular sin reducirlo a velocidad o ahorro. Una carga solo genera valor cuando ha sido recibida de manera conforme y cuenta con trazabilidad, costo e incidencias conciliados. Así, las métricas de flujo se interpretarán junto con

la meta de 100 toneladas, el 100 % de expedientes completos, la continuidad operativa y la comparación entre $ 27,80/t y $ 21,50/t.

Finalmente, Kanban complementa el enfoque híbrido del proyecto: permite administrar el trabajo cotidiano dentro de los Sprints y mantiene visibles los controles predictivos. La implementación propuesta ofrece una ruta gradual para aprender, ajustar políticas y sustentar ante la Alta Dirección la continuidad, modificación o descarte del modelo de valorización externa.

Capítulo 8

Desarrollo de un nuevo producto o servicio utilizando Lean Startup

8.1 Introducción

En el sector industrial contemporáneo, la transición hacia modelos de producción sostenible se ha convertido en una prioridad estratégica para reducir impactos ambientales y mejorar la eficiencia operativa. En la industria papelera ecuatoriana, Lunara Andina S.A., organización dedicada a la fabricación de productos de higiene como papel higiénico, registra una facturación anual superior a $ 24,5 millones y cuenta con 124 colaboradores. En este contexto, la gestión del residuo de celulosa constituye un reto operativo, económico y ambiental que requiere decisiones basadas en evidencia (Womack & Jones, 2003).

El proceso productivo genera de forma continua residuo de celulosa. Desde 2015, este material, clasificado como no peligroso según los análisis CRETIB disponibles, se gestiona mediante un proyecto de recuperación de suelo dentro de la planta, ejecutado por una empresa contratista a un costo de $ 27,80 por tonelada. El aumento de la producción y la capacidad limitada del terreno han reducido el espacio de acopio y podrían generar cuellos de botella e

incumplimientos si no se implementa una alternativa trazable y autorizada (Presidencia de la República del Ecuador, 2019).

Como alternativa, se propone validar un servicio externo de retiro, transporte, recepción y valorización del residuo de celulosa mediante compostaje, con un gestor ambiental autorizado y una tarifa objetivo de $ 21,50 por tonelada. El servicio se desarrollará con Lean Startup para convertir los supuestos críticos en hipótesis medibles, probar primero una configuración mínima y ampliar el piloto únicamente con evidencia suficiente (Ries, 2011).

8.2 Selección de Idea

8.2.1 Descripción de la idea seleccionada para el nuevo producto o servicio

En la actualidad, el rechazo de celulosa generado en la fabricación de papel higiénico de Lunara Andina S.A. es tratado como un desecho de disposición final mediante un proyecto de recuperación de suelo dentro del perímetro de la planta. La nueva propuesta transforma la naturaleza de esta gestión: el residuo deja de gestionarse únicamente como material interno y se propone su incorporación como insumo técnico para valorización externa, sujeto a aceptación y verificación del gestor debidamente autorizado.

El nuevo servicio abarca la trazabilidad logística punto a punto, desde la preparación y pesaje de las cargas en las plataformas de la planta, el transporte especializado, hasta la entrega final en la infraestructura del gestor para su procesamiento biológico. La prueba piloto para validar este servicio se ha estructurado con un volumen inicial de 100 toneladas de residuo de celulosa distribuidas en retiros programados.

8.2.2 Justificación de por qué esta idea se considera prometedora.

Viabilidad Técnica y Potencial Sustentable (Economía Circular):

Los análisis fisicoquímicos y de caracterización CRETIB realizados semestralmente confirman que el residuo de celulosa no presenta características de peligrosidad y presenta condiciones que justifican evaluar su aprovechamiento como insumo para compost, sujeto a la aceptación técnica del gestor y a la verificación del proceso.

La propuesta transforma un modelo lineal de disposición en una alternativa de valorización circular. La literatura reporta que determinados residuos de la industria de pulpa y papel pueden aprovecharse en aplicaciones de mayor valor, incluido el compostaje, siempre que exista

caracterización, control técnico y validación del destino final (Campbell et al., 1995; Ellen MacArthur Foundation, s. f.-b; Haile et al., 2021).

Atractivo y Eficiencia Económica:

La propuesta podría reducir el costo unitario de gestión de $ 27,80 por tonelada a una tarifa objetivo de $ 21,50 por tonelada. La diferencia potencial es de $ 6,30 por tonelada; deberá verificarse con facturas y costos comparables durante el piloto real.

Descongestión Logística y Mitigación de Riesgos Operativos:

Al externalizar el procesamiento y transporte del material fuera de las instalaciones, se busca reducir la ocupación de las zonas de acopio interno. Esto previene cuellos de botella que podrían paralizar las líneas de producción de papel higiénico y devuelve flexibilidad logística al área de Operaciones.

Cumplimiento normativo y control ambiental:

El servicio fortalece el cumplimiento del marco ambiental mediante controles y evidencias documentales: autorización vigente del gestor, manifiestos o documentos aplicables,

tiquetes de pesaje y certificados de recepción o valorización. Estos controles reducen la exposición a riesgos ambientales y administrativos, pero no sustituyen la verificación legal y técnica de cada retiro (Presidencia de la República del Ecuador, 2019).

8.3 Desarrollo de Hipótesis

Lean Startup propone convertir los supuestos críticos en hipótesis comprobables, diseñar experimentos de bajo costo y decidir si se persevera, se ajusta o se pivota con base en aprendizaje validado (Ries, 2011). En Lunara Andina S.A., la transición desde la disposición interna hacia un

servicio externo de valorización depende de hipótesis relacionadas con el problema, los interesados, la capacidad operativa, el costo y el cumplimiento ambiental.

8.3.1 Hipótesis sobre el Problema (Problem Hypotheses)

Hipótesis H1.1 (Saturación de Espacio y Riesgo Operativo): La capacidad actual de acopio dentro de los predios de la planta de Lunara Andina S.A. podría alcanzar niveles de ocupación que deben ser medidos y validados debido al incremento en la producción de papel higiénico. Mantener la disposición interna restringirá el flujo logístico e incrementará el riesgo de cuellos de botella operativos en el corto plazo.

Hipótesis H1.2 (Ineficiencia Financiera): El costo unitario de la disposición actual en sitio ($ 27,80/t) genera un sobrecosto no optimizado frente a las alternativas de externalización disponibles en el mercado técnico de gestión de residuos.

Hipótesis H1.3 (Riesgo Regulatorio y Ambiental): El modelo tradicional de recuperación de suelo interno expone a la empresa a vulnerabilidades frente a auditorías de la autoridad ambiental y riesgos de sanciones o pasivos socioambientales con la comunidad colindante.

8.3.2 Hipótesis sobre los usuarios e interesados clave (Stakeholder hypotheses)

Hipótesis H2.1 (Aceptación de la Gerencia de Planta y Finanzas): Las áreas de Gerencia de Planta y Finanzas aceptarán la transición hacia el nuevo servicio siempre que se demuestre operativamente un ahorro de al menos $ 6,30 por tonelada (alcanzando la tarifa meta de $ 21,50/t) y no se comprometa el presupuesto operativo.

Hipótesis H2.2 (Garantía para el Área Ambiental y Legal): El área Ambiental y de Cumplimiento validará la propuesta si el gestor ambiental autorizado garantiza el 100% de la trazabilidad documental (manifiestos de carga, cadenas de custodia y certificados de recepción y de valorización o procesamiento, cuando correspondan) sin transferir responsabilidades legales no deseadas a la empresa.

Hipótesis H2.3 (Viabilidad Operativa en Producción): El equipo de Producción y Logística interna adoptará el nuevo procedimiento si los tiempos de carga, pesaje y retiro no interfieren con el ritmo diario de la fábrica y mantienen la continuidad operativa.

8.3.3 Hipótesis sobre el Mercado y la Solución (Market & Solution Hypotheses)

Hipótesis H3.1 (Aptitud Técnica del Material para Compostaje): Las características fisicoquímicas del residuo de celulosa (no peligroso según análisis CRETIB) permiten que sea utilizado exitosamente como materia prima por el gestor ambiental para la fabricación de compost, cumpliendo los estándares de calidad agronómica.

Hipótesis H3.2 (Capacidad de Respuesta y Logística del Proveedor): El gestor ambiental externo cuenta con la capacidad instalada, flota de transporte y flexibilidad operativa necesarias para procesar y retirar lotes piloto de hasta 100 toneladas dentro de las ventanas logísticas acordadas.

Hipótesis H3.3 (Criterio de nivel de servicio / SLE): Un sistema de gestión visual con límites WIP y políticas explícitas permitirá completar al menos el 85 % de los retiros en un tiempo de ciclo menor o igual a siete días laborables, desde su selección hasta el cierre de la trazabilidad (Coleman et al., 2025; Kanban University, 2021).

Tabla 105

Matriz priorizada de Hipótesis

8.3.4 Matriz de Priorización de Hipótesis (Riesgo vs. Incertidumbre)

Código	**Hipótesis Clave**	**Nivel de Impacto**	**Nivel de Incertidumbre**	**Prioridad de Experimentación (MVP)**
H3.1	Aptitud técnica del residuo para compostaje sin rechazo del gestor.	Alto	Bajo (Sustentado en análisis CRETIB)	Media
H3.2	Capacidad logística del gestor para cumplir frecuencia y volumen (100 t).	Alto	Alto	Alta (Crítica)
H1.2 / H2.1	Logro real del costo meta ($ 21,50/t) y ahorro operativo proyectado.	Alto	Medio	Alta (Crítica)
H2.2	Obtención del 100% de la trazabilidad y certidumbre legal en cada retiro.	Alto	Medio	Alta (Crítica)

8.4 Diseño de Experimentos

8.4.1 Planificación y diseño de experimentos para probar las hipótesis identificadas.

Configuración del Experimento (Producto Mínimo Viable - MVP):

Objeto de prueba: Servicio logístico y de compostaje externo del residuo de celulosa.

Alcance: Retiro de 6 lotes simulados de residuos desde la plataforma de acopio de Lunara

Andina S.A., transporte especializado y recepción por parte del gestor ambiental autorizado para su posterior transformación en compost.

Participantes e Involucrados: Equipo multidisciplinario de Lunara Andina S.A. (Ambiente,

Operaciones, Compras, Finanzas), el transportista y el gestor ambiental especializado.

Duración: 12 semanas del cronograma del proyecto, con preparación, validación documental, ejecución piloto y evaluación final.

Protocolo de Ejecución de las Pruebas:

Fase de Preparación y Habilitadores: Verificación previa de permisos ambientales, balanzas, protocolos de seguridad OSH y capacitación del personal operativo.

Ejecución de cargas piloto (retiros R-01 a R-06): despacho secuencial de seis lotes,

respetando los límites de trabajo en progreso (WIP) y las políticas del sistema Kanban para evitar cuellos de botella.

Control de Evidencias: Monitoreo y conciliación en tiempo real de los tiquetes de pesaje, manifiestos de carga ambiental, certificados de destino final e incidencias en el transporte.

Retroalimentación y Cierre: Evaluación en reuniones diarias (Daily Kanban) y revisiones

semanales para ajustar el flujo operativo antes del cierre definitivo del lote.

8.4.2 Descripción de las métricas y KPIs (Indicadores Clave de Desempeño) que se utilizarán para medir los resultados.

Para evaluar cuantitativamente el éxito del experimento y verificar el cumplimiento de las hipótesis, se establece un tablero de control dividido en KPIs Financieros/Operativos y KPIs de Flujo del Servicio:

Tabla 106

Descripción de las métricas y KPIs

Métricas / KPI	**Fórmula / Definición**	**Meta / Criterio de Éxito**	**Estado de validación**
Costo recurrente comparable de gestión (/t)	Costo recurrente comparable del servicio / toneladas gestionadas	≤ $ 21,50 / t (frente a $ 27,80/t actual)	H1.2 / H2.1
Volumen aceptado para valorización	Sumatoria de toneladas recibidas y aceptadas documentalmente por el gestor	100 toneladas	H3.1 / H3.2
Trazabilidad Ambiental Cumplida	(Expedientes completos y validados / total de retiros ejecutados) × 100	100% de cumplimiento documental (manifiestos y certificados)	H1.3 / H2.2
Ahorro financiero potencial	(Costo actual - costo recurrente comparable) × toneladas	$ 630 potenciales en el piloto de 100 t	H1.2 / H2.1
Incidencias Normativas o Logísticas	Número de sanciones, reclamos de la comunidad o paralizaciones de planta.	0 incidencias (cero interrupciones en producción)	H1.1 / H2.3

Indicadores de Eficiencia y Flujo (KPIs del Sistema / Lean-Kanban)

Tabla 107

Indicadores de Eficiencia y Flujo

Métricas / KPI	**Descripción del Indicador**	**Criterio de Éxito / Benchmark**	**Estado de validación**
Tiempo de Ciclo (Cycle Time)	Días laborables transcurridos desde que se aprueba un retiro en Listo hasta el cierre de la trazabilidad en Terminado.	≤ 7 días laborables por retiro	H3.3
Expectativa de Nivel de Servicio (SLE)	Porcentaje de retiros completados dentro del tiempo de ciclo objetivo.	≥ 85% de los retiros dentro del plazo establecido	H3.3
Tiempo Promedio de	Horas que una tarjeta permanece paralizada por falta de transporte, pesaje	< 24 horas por bloqueo detectado	H3.2

Bloqueo	o documentos.		
Trabajo en Progreso (WIP Total)	Número de tarjetas activas en las etapas del tablero.	Mantenerse estrictamente dentro de los límites WIP de la columna	

8.5 Implementación y experimentación

8.5.1 Ejecución de los experimentos diseñados para validar o refutar las hipótesis.

Para efectos de esta entrega académica, se diseñó una simulación del piloto de 100 toneladas de residuo de celulosa, dividido en seis lotes secuenciales identificados como R-01 a R-06. El escenario se modeló mediante el sistema Kanban y el enfoque híbrido definido en los entregables anteriores.

La implementación propuesta se organiza en tres fases:

A. Fase de Calibración y Preparación (Semanas 1 a 5)

Habilitadores Operativos: Se planteó la revisión documental de los permisos del gestor ambiental, la verificación de balanzas industriales de planta, la instrucción de SSO para transportistas y la configuración del tablero Kanban con sus respectivas políticas explícitas y límites WIP (Trabajo en Progreso).

Simulación del Flujo: Se propuso una prueba en seco (dry run) del recorrido de tarjetas y la emisión de manifiestos ambientales de carga antes de autorizar la salida del primer lote.

B. Fase de despacho y operación simulada (Semanas 6 a 11)

Ejecución simulada de retiros (R-01 a R-06): se modela la liberación progresiva de los seis lotes desde Listo hacia Preparación y verificación, sin superar los límites WIP iniciales de tres retiros en Preparación y dos en Transporte y recepción.

Control de Arrastre (Pull System): Ningún despacho deberá avanzar a la fase de Transporte y Recepción sin la confirmación de la ventana logística del gestor y la validación previa de los tiquetes de pesaje en origen.

Rutinas de Retroalimentación: Se establecieron reuniones diarias como mecanismo propuesto de 15 minutos (Daily Kanban) frente al tablero visual para monitorear el envejecimiento de tarjetas y destrabar cuellos de botella antes de 24 horas.

C. Fase de Consolidación y Cierre de Trazabilidad (Semana 12)

Conciliación Documental: Revisión prevista de las evidencias de recepción y valorización o procesamiento y manifiestos firmados por el gestor ambiental autorizado.

Cierre Financiero: Conciliación prevista de las facturas del gestor frente a las toneladas netas ingresadas en la balanza de destino, calculando la desviación de costos frente al objetivo.

8.5.2 Recopilación de Datos y Resultados del Experimento

A continuación, se presentan resultados simulados para fines académicos. No corresponden a entrevistas, retiros, facturas, pesajes ni certificados reales de Lunara Andina S.A.; por tanto, sirven para mostrar cómo se analizaría el experimento, pero no acreditan su ejecución.

Tabla 108

Recopilación de Datos y Resultados del Experimento

Variable /	**Valor Base**	**Meta**	**Resultado**	**Estado de Validación**

Indicador	(Modelo Actual)	Proyecto / MVP	simulado para la entrega	
Costo por Tonelada (/t)	$ 27,80 / t	$ 21,50 / t	$ 21,50 / t	Indicio favorable; requiere validación real
Volumen Procesado	0 t (Disposición)	100 t (Compost)	100 t de celulosa	Indicio favorable; requiere validación real
Ahorro directo potencial simulado	$ 0,00	$ 630,00	$630,00 de ahorro directo potencial del servicio para 100 t, sin descontar preparación ni contingencia.	Indicio favorable; requiere validación real
Trazabilidad Documental	Parcial / Interna	100% Manifiestos	100% de expedientes cerrados	Indicio favorable; requiere validación real
Saturación en Planta	En aumento crítico	Descongestión	Liberación de espacio en acopio	Indicio favorable; requiere validación real

Resultados de Eficiencia Logística y Flujo de Trabajo (Métricas Lean-Kanban)

Tabla 109

Resultados de Eficiencia Logística y Flujo de Trabajo

Indicador de Flujo	Estándar / Benchmark	Resultado simulado	Análisis del Resultado
Tiempo de Ciclo Promedio	≤ 7 días laborables	5,8 días laborables	Los lotes completaron su ciclo (desde la orden hasta el certificado) antes del tiempo límite estimado.
Expectativa de Nivel de Servicio (SLE)	≥ 85% de retiros en plazo	100% de retiros (≤ 7 días)	En el escenario simulado, se supone que los seis retiros R-01 a R-06 cumplen la meta de entrega y trazabilidad en menos de 7 días laborables. Este resultado deberá comprobarse durante la ejecución real del piloto.

Límites WIP Respaldados	Respetar capacidades	0 violaciones de WIP	La simulación supone que la restricción del trabajo en proceso evitaría la acumulación de lotes sin validar en la plataforma.
Gestión de Bloqueos	< 24 horas de resolución	1 bloqueo (18 horas)	La simulación contempla un retraso documental en el lote R-03 por discrepancia de pesaje, resuelto en 18h mediante el protocolo explícito.

Interpretación de la simulación: la propuesta de valor presenta señales favorables, pero ninguna hipótesis queda validada con evidencia real. El escenario sugiere que el servicio podría reducir el costo unitario en 22,6 %, equivalente a $ 6,30 por tonelada, y contribuir a disminuir la ocupación del acopio. Ambos efectos deberán confirmarse con pesajes, facturas y mediciones reales durante el piloto.

Aptitud del gestor y viabilidad del compostaje: la simulación supone que el gestor dispone de capacidad técnica y logística. La caracterización CRETIB sustenta la condición no peligrosa del residuo, pero no demuestra por sí sola su aptitud agronómica ni la obtención de compost terminado; esto deberá verificarse mediante aceptación técnica, registros del proceso y evidencia del destino final.

Estabilidad Operativa: El flujo de retiros bajo control Kanban sugiere que la externalización podría ejecutarse de manera fluida, sin interrumpir la producción habitual de papel higiénico y proyectando un nivel de servicio (SLE) superior a la meta prevista.

8.6 Análisis y Pivotaje

El propósito de este apartado es analizar los resultados del escenario simulado y contrastarlos con las hipótesis iniciales. Como no existe evidencia de retiros, pesajes, facturas o

certificados reales, los resultados permiten preparar la decisión entre perseverar, ajustar o pivotar, pero no demuestran todavía la viabilidad definitiva del servicio.

8.6.1 Análisis de los datos recopilados y evaluación de las hipótesis iniciales.

La simulación del piloto de 100 toneladas, distribuido en los lotes R-01 a R-06, permite contrastar las suposiciones del negocio con métricas operativas, financieras y ambientales que deberán recopilarse durante la ejecución real:

Tabla 110

Análisis de los datos recopilados y evaluación

Código	**Hipótesis Planteada**	**Resultado simulado / evidencia que deberá verificarse**	**Veredicto Lean Startup**
H1.1	La disposición interna satura la planta e incrementa riesgos operativos.	La simulación proyecta que la reducción del acopio podría descongestionar la plataforma y disminuir el riesgo de cuellos de botella.	Señal Favorable; Requiere Validación Real
H1.2 / H2.1	El servicio externo alcanza un costo meta de $ 21,50/t con ahorro comprobable.	La simulación utiliza una tarifa de $ 21,50/t, generando un ahorro de $ 6,30/t (22,6% de reducción respecto al costo actual de $ 27,80/t).	Señal Favorable; Requiere Validación Real
H2.2	La simulación contempla trazabilidad completa; la certidumbre legal debe verificarse con evidencia real.	La simulación contempla expedientes completos; en la ejecución real deberán revisarse manifiestos, tiquetes y certificados de recepción o valorización.	Señal Favorable; Requiere Validación Real
H3.1	El residuo de celulosa es apto para compostaje y no presenta peligrosidad.	Los análisis CRETIB y la recepción del gestor indican que el residuo podría ser incorporado al proceso de valorización; la transformación en compost debe verificarse.	Señal Favorable; Requiere Validación Real
H3.2	El gestor ambiental tiene capacidad logística para cumplir frecuencia y	La simulación supone que el proveedor cubre las 100 t planificadas dentro de los rangos de tiempo y ventanas operativas	Señal Favorable; Requiere

	volumen.	acordadas.	Validación Real
H3.3	El tiempo de ciclo promedio se mantiene en ≤ 7 días con SLE ≥ 85%.	El escenario estima un tiempo de ciclo promedio de 5,8 días y un SLE de 100 %. Ambos valores requieren validación real.	Señal Favorable; Requiere Validación Real

8.6.2 Decisión sobre si es necesario realizar ajustes en la estrategia o en la idea original (pivotar).

Eficiencia en costos y valor ambiental: la simulación sugiere que el servicio externo puede reducir el costo frente al modelo actual y apoyar la economía circular. Sin embargo, el resultado debe confirmarse con órdenes de servicio, pesajes, facturas, manifiestos y certificados reales.

Estabilidad logística mediante gobernanza ágil: el diseño Kanban y los límites WIP ofrecen una forma ordenada de gestionar el flujo. Su efectividad real deberá medirse durante los retiros autorizados y no puede darse por demostrada únicamente con el escenario simulado.

Seguridad y conformidad legal: el uso de un gestor autorizado y la trazabilidad documentada son condiciones necesarias, pero no suficientes. Lunara Andina S.A. deberá verificar permisos, documentación, aceptación del residuo y destino final en cada retiro.

En la metodología Lean Startup, un pivote se ejecuta cuando la evidencia muestra que una hipótesis fundamental no se sostiene o que la solución no satisface al usuario. En este caso, la

información disponible es simulada; por ello, la decisión debe ser perseverar con ajustes y realizar un primer experimento real antes de escalar.

Con la información simulada no se justifica un pivote total de la idea; sí se requieren ajustes antes de una decisión definitiva, ya que el servicio de valorización para compostaje presenta una alternativa técnica y económicamente atractiva, cuya conformidad legal y desempeño real todavía deben verificarse.

Se recomienda perseverar con el diseño y ejecutar una validación controlada antes de escalar o contratar de forma permanente del servicio para la totalidad de la generación mensual de celulosa de la planta.

8.7 Iteración

A partir de los resultados simulados se proponen tres iteraciones para mejorar el sistema antes y durante su ejecución real. Estas alternativas no representan cambios ya implementados; son hipótesis de mejora que deberán aprobarse, probarse de forma controlada y compararse con la configuración inicial del sistema Kanban.

A. Iteración 1: Calibración de Criterios de Pesaje y Documentación (Semanas 6 a 7 / Lotes R-01 y R-02)

Escenario de prueba: se simula una discrepancia de 1,8 % entre la balanza de Lunara Andina S.A. y la del gestor. La tarjeta R-01 permanecería bloqueada en Validación y trazabilidad hasta documentar la causa y conciliar el peso.

Aprendizaje esperado: una diferencia de pesaje no debe cerrarse automáticamente. El equipo deberá verificar calibración, humedad, integridad de la carga y reglas contractuales antes de definir una tolerancia aceptable.

Iteración propuesta: evaluar una tolerancia de pesaje de hasta ±2 % como hipótesis operativa. Su aplicación requerirá validación técnica, ambiental, financiera y contractual; cualquier diferencia deberá quedar documentada antes de mover la tarjeta a Terminado.

B. Iteración 2: Reconfiguración de Ventanas Logísticas y Flexibilización de Límites WIP (Semanas 8 a 9 / Lotes R-03 y R-04)

Escenario de prueba: se simula un pico de generación que llena la columna Listo para retiro mientras Transporte y recepción alcanza su límite WIP inicial de dos tarjetas.

Aprendizaje esperado: aumentar el WIP no siempre mejora el flujo; puede trasladar la congestión a transporte, recepción o validación. Primero debe confirmarse la capacidad real del gestor y ayudar a terminar el trabajo iniciado.

Iteración propuesta: probar temporalmente un límite WIP de tres tarjetas en Transporte y recepción solo para cargas expeditas, con aprobación documentada y capacidad confirmada del transportista y del gestor. El resultado se comparará con el límite inicial de dos antes de adoptar el cambio.

C. Iteración 3: Automatización de la Trazabilidad y Preparación para el Escalamiento (Semanas 10 a 11 / Lotes R-05 y R-06)

Escenario de prueba: se simulan demoras de hasta tres días por el intercambio manual de manifiestos, tiquetes de pesaje y certificados durante el cierre de los expedientes.

Aprendizaje esperado: una gestión exclusivamente manual puede retrasar el cierre documental y limitar el escalamiento del servicio.

Iteración propuesta: habilitar un repositorio controlado y enlazarlo con cada tarjeta Kanban mediante un código QR. Antes de implementarlo deberán definirse permisos, responsables, respaldo, seguridad de la información y criterios de aceptación documental.

Resumen Sintético de la Evolución del Sistema

Tabla 111

Evolución del Sistema

Componente del Sistema	**Estado Inicial (Diseño Pre-Piloto)**	**Configuración propuesta tras la simulación**	**Impacto esperado / criterio de validación**
Criterio de Pesaje	Bloqueo por cualquier diferencia entre balanzas.	Tolerancia de ±2 % como hipótesis sujeta a validación técnica y contractual.	Reducir bloqueos sin cerrar diferencias de pesaje no justificadas.
Capacidad en Transporte	Límite WIP rígido = 2 tarjetas.	Experimento temporal: WIP = 3 solo con capacidad confirmada.	Comparar el flujo con el límite inicial de 2 y evitar trasladar la congestión.
Gestión Documental	Intercambio de archivos vía correo electrónico.	Repositorio controlado y acceso por QR, sujeto a permisos y seguridad.	Reducir el tiempo línea base que se mida en el piloto real.

8.8 Producto Mínimo Viable (MVP)

8.8.1 Desarrollo y presentación del Producto Mínimo Viable basado en las iteraciones y ajustes realizados.

En Lean Startup, el MVP es la configuración mínima que permite probar la propuesta de valor y obtener aprendizaje con el menor consumo de recursos. Para este proyecto, el MVP es el servicio mínimo de retiro, transporte, recepción, trazabilidad y control Kanban, probado inicialmente con el

lote R-01 de 15 toneladas. Los seis retiros que suman 100 toneladas constituyen el piloto de ampliación y validación progresiva.

El MVP integra un gestor ambiental autorizado, una ventana logística confirmada, pesaje en origen y destino, evidencia documental, una tarjeta Kanban y criterios de cierre. Si R-01 cumple las condiciones técnicas, económicas y documentales, el aprendizaje obtenido permitirá autorizar gradualmente R-02 a R-06.

Esquema de Retiro y Logística de Arrastre (Pull System):

Configuración progresiva: el MVP se prueba con R-01 de 15 t. El piloto completo contempla seis retiros que suman 100 t: R-01 = 15 t, R-02 = 20 t, R-03 = 20 t, R-04 = 20 t, R-05 = 15 t y R-06 = 10 t.

Activación de viajes basada en la demanda de espacio en la planta de manufactura, coordinando ventanas de carga en origen con el transporte especializado del gestor.

Tablero y Sistema de Control Kanban:

Un flujo de trabajo estructurado en 7 columnas (Opciones, Listo, Preparación y verificación, Listo para retiro, Transporte y recepción, Validación y trazabilidad, Terminado).

Límites WIP iniciales por columna, coherentes con la semana 7: máximo tres tarjetas en Preparación y verificación y dos en Transporte y recepción. Cualquier aumento temporal deberá tratarse como experimento y contar con capacidad confirmada.

Políticas explícitas: criterios de entrada y salida, documentos requeridos, registro de causa, responsable y fecha de cada bloqueo, y resolución esperada en menos de 24 horas. La tolerancia de pesaje de ±2 % se mantiene como hipótesis sujeta a validación, no como regla aprobada.

Ecosistema de Trazabilidad Digitalizada:

Incorporación de códigos QR en cada tarjeta Kanban física de retiro, permitiendo a los conductores e inspectores cargar fotos de los tiquetes de pesaje, manifiestos de carga ambiental y certificados de recepción directamente a la nube desde su dispositivo móvil.

Transformación Biológica en Compost (Economía Circular):

Recepción del residuo caracterizado como no peligroso en las instalaciones del gestor para evaluar su incorporación al proceso de compostaje. La valorización solo se considerará demostrada cuando exista aceptación técnica y evidencia verificable del procesamiento o destino final, a una tarifa comparable con el costo actual.

8.8.2 Explicación de cómo el MVP aborda el Problema Identificado

El MVP aborda los cuatro frentes problemáticos de Lunara Andina S.A. y establece cómo se medirá su desempeño. Al tratarse de un diseño aún no ejecutado, los resultados se expresan como metas o efectos esperados, no como beneficios obtenidos.

Tabla 112

Relación entre el problema y el MVP

Problema Identificado en Planta	**Cómo lo Aborda y Resuelve el MVP**	**Resultado y Evidencia en el MVP**
Saturación física del espacio de acopio interno:	Descongestión mediante flujo continuo (Pull):	Reducción esperada de la ocupación del acopio, sujeta a medición en la plataforma interna, con el objetivo de apoyar la fluidez y continuidad operativa; el efecto debe medirse en el piloto real.
El crecimiento en la producción de papel	El MVP traslada la gestión del residuo fuera del perímetro de	

higiénico sobrepasó la capacidad de almacenamiento en la planta, generando cuellos de botella logísticos.	la planta. Los límites WIP impiden la acumulación de lotes sin procesar, retirando el material en ventanas logísticas ágiles.	
Sobrecosto financiero en disposición:	Optimización económica por economía circular:	Ahorro directo de $ 6,30 por tonelada (reducción del 22,6% en el costo del servicio), generando un ahorro de $ 630,00 solo durante la fase piloto de 100 t.
El esquema anterior de recuperación de suelo en sitio generaba un costo de $ 27,80 por tonelada.	El MVP contrata un servicio de compostaje externo con una tarifa negociada de $ 21,50 por tonelada.	
Vulnerabilidad y riesgo ambiental/legal:	Garantía del 100% de Trazabilidad Documental:	La simulación no registra sanciones; esto no constituye blindaje jurídico y debe verificarse con evidencia real.
Riesgo latente de sanciones o multas por acumulación excesiva ante inspecciones del Ministerio del Ambiente.	El MVP condiciona el avance de las tarjetas en el tablero a la carga obligatoria del manifiesto ambiental de carga y el certificado de destino final.	
Incertidumbre operativa en la transición:	Gobernanza Ágil Híbrida (Kanban + Predictivo):	
Temor a que la externalización interrumpa la fabricación o genere demoras en el retiro.	Monitoreo diario (Daily Kanban) del Tiempo de Ciclo y atención inmediata de bloqueos antes de 24 horas.	Tiempo de Ciclo promedio de 5,8 días por retiro (cumpliendo un SLE del 100% dentro de la meta de ≤ 7 días) y sin interrupciones en la fábrica, según el escenario simulado; debe medirse durante el piloto real.

8.9 Conclusiones

La aplicación de Lean Startup permitió convertir la propuesta de valorización externa del residuo de celulosa en hipótesis, métricas y experimentos verificables. El servicio planteado

integra retiro, transporte, recepción, trazabilidad y valorización potencial del material, manteniendo el enfoque híbrido definido en los entregables anteriores.

Los resultados incluidos en este documento corresponden a una simulación académica. En consecuencia, los valores de 100 toneladas, $ 21,50 por tonelada, 5,8 días y 100% de cumplimiento representan un escenario de análisis y no evidencia de operaciones ejecutadas por Lunara Andina S.A.; por tanto, la simulación no permite afirmar que las hipótesis estén completamente validadas.

Desde el punto de vista económico, el costo actual de $ 27,80 por tonelada y la tarifa objetivo de $ 21,50 por tonelada implican un ahorro potencial de $ 6,30 por tonelada. Para 100 toneladas, el ahorro directo potencial sería de $ 630, siempre que el precio ofertado, el volumen, los costos de transporte y las condiciones contractuales se mantengan. El análisis definitivo deberá utilizar costos recurrentes comparables y separar los gastos únicos del piloto.

La propuesta presenta señales favorables en sostenibilidad y operación, pero la caracterización CRETIB no demuestra por sí sola que el residuo haya sido convertido en compost terminado ni que cumpla todos los requisitos agronómicos. Antes de escalar, se deberán verificar la aceptación del residuo, los permisos del gestor, los manifiestos, los pesajes, los certificados de recepción o valorización y la trazabilidad de cada carga.

La decisión recomendada es perseverar con ajustes y ejecutar un primer ciclo real controlado, preferiblemente con el lote R-01, antes de suscribir una contratación permanente. El criterio de

escalamiento debe depender de evidencia real sobre costo, tiempo de ciclo, continuidad operativa, documentación completa y desempeño ambiental. Si alguna hipótesis crítica no se

confirma, deberán evaluarse ajustes al proveedor, la frecuencia de retiros, la distribución de lotes o el modelo contractual.

Finalmente, el MVP debe entenderse como un mecanismo de aprendizaje y no como una autorización automática para escalar. Las revisiones Kanban, los límites WIP, el registro de bloqueos y las retrospectivas permitirán mejorar el servicio progresivamente y conservar la coherencia con el cronograma de 12 semanas, los seis lotes de referencia y los puntos de control establecidos en las semanas anteriores.

Capítulo 9

Design Sprint para la solución de problemas empresariales

9.1 Introducción

El proyecto de Lunara Andina S.A. evalúa la valorización externa del residuo de celulosa como insumo para compostaje. Su implementación requiere coordinar retiros y disponer de respaldos que permitan reconstruir el recorrido del material. Este entregable se concentra en diseñar una forma sencilla de consultar esa información y detectar documentos pendientes.

El Design Sprint permite pasar de la comprensión de una necesidad a la construcción y prueba de un prototipo en un periodo breve (Matarranz, s. f.). Aquí se organiza en cinco jornadas y se aplica como actividad de diseño dentro del enfoque híbrido del proyecto. No sustituye las 12 semanas de ejecución, los seis Sprints de Scrum ni los controles ambientales, contractuales y presupuestarios ya establecidos.

9.1.1 Objetivo general

Diseñar un prototipo de ficha digital por retiro, accesible mediante QR, que permita registrar la salida, confirmar la recepción y reconocer qué evidencias faltan para completar la trazabilidad del residuo de celulosa.

9.1.2 Objetivos específicos

Identificar los datos mínimos y responsables del registro; comparar alternativas de seguimiento; representar las tres pantallas del prototipo; y establecer un protocolo de prueba para evaluar comprensión, facilidad de consulta y prevención de cierres documentales incompletos.

9.2 Selección del problema

El riesgo abordado es que los comprobantes de pesaje, transporte, recepción y valorización se manejen de forma dispersa o no estén vinculados al mismo retiro. En ese escenario, el equipo puede

confundir una carga recibida con un expediente concluido. Se trata de una necesidad de diseño derivada de los controles del proyecto, no de un incumplimiento real comprobado en la empresa.

La pregunta del Sprint es: ¿cómo facilitar que Operaciones, el gestor y Ambiente consulten el mismo retiro y reconozcan sus pendientes desde un celular? El problema es apropiado para esta metodología porque puede representarse y explorarse con una maqueta antes de invertir en un sistema operativo.

9.3 Planificación del Design Sprint

Se propone un equipo multidisciplinario y jornadas consecutivas identificadas como días 1 a 5, sin atribuir fechas de ejecución no confirmadas. Los roles corresponden a funciones ya

definidas en el proyecto. Su asignación a personas y la disponibilidad de usuarios deberán confirmarse antes de las sesiones.

Tabla 113

Roles propuestos para el Sprint

Rol	**Participante y responsabilidad**
Facilitador	Director del Proyecto: organiza actividades, tiempos y registro de decisiones.
Decisor	Especialista en Seguridad y Gestión Ambiental: prioriza requisitos y decide el diseño dentro del alcance autorizado.
Expertos	Operaciones, Controller Senior y Compras: validan datos, costos, obligaciones y viabilidad de uso.
Usuario externo	Representante del gestor autorizado: aporta requisitos de recepción y evidencia de procesamiento.
Diseño y observación	Integrantes del Grupo 3: preparan pantallas y registran las pruebas sin orientar las respuestas.

Tabla 114

Agenda y productos previstos

Día	**Actividad central**	**Producto**
1	Comprender usuarios y flujo	Mapa del problema y preguntas a expertos
2	Idear alternativas y bocetos	Opciones de seguimiento
3	Evaluar y decidir	Solución QR y secuencia de uso
4	Representar la solución	Tres pantallas y caso R-01
5	Probar y analizar	Registro de tareas, dificultades y mejoras

Los recursos mínimos son un computador, un celular con cámara, una herramienta de diseño disponible, documentos ficticios, plantillas de observación y una copia impresa de respaldo. La maqueta no requiere comprar sensores ni contratar una plataforma empresarial. El

costo de implementar un sistema real debe cotizarse; no se considera gratuito por el solo hecho de utilizar QR.

La adaptación al contexto y la combinación de prácticas son decisiones metodológicas que deben justificarse por las necesidades del proyecto (Martínez Padua et al., 2022).

9.4 Día 1 Comprensión

9.4.1 Necesidades y mapa del problema

La revisión de los entregables previos permite identificar tres necesidades: Operaciones debe demostrar qué salió; el gestor debe confirmar qué recibió; y Ambiente debe verificar el expediente y la evidencia de valorización. El flujo considerado comprende preparación del retiro, pesaje y salida, recepción, incorporación al proceso y revisión documental. El punto crítico es mantener el mismo identificador durante todo el recorrido.

El código se asignará al retiro, no al vehículo. Si existe una recepción parcial, rechazo o división del material, el diseño deberá conservar el retiro original y sus eventos relacionados. No se cerrará automáticamente una diferencia de peso por encontrarse dentro de un porcentaje determinado.

9.4.2 Consulta a expertos

Se propone preguntar a Operaciones qué datos puede registrar sin duplicar trabajo; al gestor, cómo acredita recepción e incorporación al proceso; a Ambiente, qué evidencia necesita para validar el cierre; y a Finanzas y Compras, cómo relacionar retiro, tarifa y factura. Estas preguntas constituyen

un guion pendiente de aplicación. No se presentan respuestas ni citas atribuidas a entrevistas inexistentes.

Hipótesis que se evaluará

Si la información de cada retiro se reúne en una ficha digital con un identificador único, los usuarios podrán localizar sus documentos y distinguir entre recepción del material y cierre del expediente. La prueba del prototipo deberá comprobar especialmente si reconocen que un retiro recibido permanece pendiente cuando falta la evidencia de valorización.

9.4.3 Referentes empresariales

Sensoneo (s. f.) describe el uso de una aplicación móvil con lectura QR en Schaeffler para registrar pesos, detalles de recolección e incidencias de contaminación. El caso sirve como antecedente de identificación y captura móvil; su solución incluye componentes adicionales que no forman parte de este prototipo.

Josa (2022) presenta la digitalización de la logística inversa de Indumetal Recycling mediante GISIR, incluyendo seguimiento de recogidas y recepción e identificación de contenedores con tecnologías como QR. BanQu (s. f.) describe la trazabilidad de materiales reciclables en el proyecto 2Life con Dow en Colombia. Estos casos respaldan la utilidad de vincular materiales, movimientos y registros; no demuestran los costos ni el desempeño de la propuesta de Lunara.

Los tres antecedentes son publicaciones de los proveedores. Se utilizan como referencias de diseño, sin trasladar sus resultados comerciales al piloto de celulosa.

9.5 Día 2 Ideación

La ideación se plantea mediante bocetos individuales y una dinámica Crazy 8s, descrita en el material de la semana, para explorar ocho variantes de pantalla en un tiempo breve (Matarranz, s. f.).

En esta elaboración documental se identifican cuatro alternativas: ficha impresa, formulario digital general, ficha individual con QR y plataforma integral de gestión de residuos.

Las variantes de interfaz consideran una ficha única, tres pantallas, lista de documentos, línea de eventos, búsqueda por código, fotografías vinculadas, aviso de pendientes y confirmación del responsable. Se selecciona la combinación de tres pantallas, búsqueda por código y documentos por estado para mantener el uso sencillo.

9.6 Día 3 Decisión

La ficha digital con código QR se seleccionó porque obtuvo la mayor puntuación en la matriz de decisión y permite asociar un identificador único a cada retiro. Su función es facilitar el acceso inmediato al expediente digital desde dispositivos móviles convencionales, sin requerir inicialmente infraestructura especializada. La trazabilidad no es generada por el QR, sino por la conservación de los eventos, documentos, responsables y evidencias vinculados al mismo retiro durante todo su recorrido. La siguiente valoración es un ejercicio analítico de diseño; no representa una votación real ni mediciones de usuarios. Se utiliza una escala de 1 a 5, donde 5 es más favorable.

Tabla 115

Comparación orientativa de alternativas

Alternativa	Facilidad 30 %	Vínculo documental 40 %	Bajo esfuerzo 30 %	Total / 5
Ficha impresa	5	2	5	3,8
Formulario general	4	3	5	3,9
Ficha por retiro con QR	4	5	4	4,4
Plataforma integral	2	5	1	2,9

Las ponderaciones se definieron de acuerdo con tres criterios relacionados con el objetivo del Sprint: facilidad de adopción por los usuarios, capacidad para vincular la documentación de cada retiro y esfuerzo necesario para implementar un piloto funcional. Estas ponderaciones constituyen

una hipótesis de diseño y deberán revisarse después de las pruebas con usuarios y de la evaluación técnica de la solución.

El total se obtiene multiplicando cada calificación por su ponderación. La ficha QR ofrece una relación directa entre el identificador del retiro y su expediente, con un alcance de prototipado acotado. Las puntuaciones deben revisarse tras las pruebas y una evaluación técnica; no son una comparación de precios de proveedores.

La secuencia acordada es abrir la ficha del retiro, registrar la salida, confirmar la recepción y consultar los documentos. El usuario podrá acceder también escribiendo R-01 si la etiqueta no puede leerse. La decisión excluye, en esta fase, sensores, GPS, integración contable y automatización del pesaje.

La selección prioriza una solución acotada al problema documental del proyecto. La ficha impresa dificulta la consulta compartida; el formulario general requiere asegurar la vinculación de cada registro con su retiro; y la plataforma integral incorpora funcionalidades que exceden el alcance inicial. La ficha individual con QR permite representar y evaluar el recorrido de la información antes de definir una implementación tecnológica.

9.7 Día 4 Prototipado

El prototipo consta de tres pantallas con datos ficticios de R-01. La maqueta es visual y estática: el moderador puede simular la navegación mostrando la pantalla elegida. No almacena documentos ni funciona como una aplicación operativa.

Tabla 116

Contenido y reglas de las pantallas

Pantalla	**Datos y acción**	**Responsable**
Salida	Código, fecha, peso despachado, transportista y respaldo de pesaje. Registrar salida.	Operaciones
Recepción	Fecha, peso recibido, aceptación o incidencia y comprobante del gestor. Confirmar recepción.	Gestor ambiental
Trazabilidad	Documentos disponibles, pendientes, responsable y fecha de revisión. Solicitar revisión o validar expediente.	Ambiente

Tabla 117

Estados del retiro en el prototipo

Estado	**Descripción**
Salida registrada	El retiro fue generado, pesado y despachado desde la planta.
Recepción confirmada	El gestor registró la recepción física del material.
Diferencia en revisión	Existe una diferencia de peso, cantidad o condición que debe analizarse.
Evidencia pendiente	Falta un certificado, comprobante o respaldo requerido.

Validación ambiental	El área de Ambiente revisa la documentación y el destino registrado.
Cerrado	Todos los documentos e incidencias fueron revisados y aprobados.

La recepción confirmada no implica el cierre automático del retiro. Toda diferencia de peso, documentación pendiente o incidencia relacionada con el destino del material deberá resolverse antes de habilitar el estado Cerrado.

Un documento adjuntado debe distinguirse de uno validado. Si falta la evidencia de valorización, el retiro continuará pendiente de cierre, aunque la recepción esté confirmada. Solo Ambiente podrá validar el expediente; la plataforma futura deberá conservar quién realizó cada acción y cuándo.

El QR definitivo contendría un enlace a la ficha con acceso controlado. La imagen de la página siguiente incluye un QR demostrativo que codifica únicamente “DEMO R-01”. No abre un servicio en línea ni contiene información empresarial. En una implementación, escanear no deberá conceder por sí solo permisos de edición.

Se conservan los campos mínimos y se solicita información adicional ante incidencias. Sin conectividad, se propone una ficha de contingencia con el mismo código y posterior conciliación. La maqueta no incorpora funcionamiento sin conexión.

Las pruebas evaluarán etiquetas y acciones. El almacenamiento, la autenticación y la seguridad deberán validarse al implementar el sistema.

Figura 11

Relación entre el retiro y su expediente digital



9.7.1 Representación visual del prototipo

Figura 12



Los documentos y pesos mostrados son ficticios. La pantalla de trazabilidad mantiene el cierre pendiente por ausencia de evidencia de valorización; “disponible” indica presencia del archivo, no validación técnica.

QR de demostración: al escanearlo se lee DEMO R-01. El acceso a una ficha en línea deberá configurarse al implementar el sistema.

9.8 Día 5 Prueba con usuarios

La guía solicita pruebas con usuarios reales. Al cierre de esta versión no se han aportado registros de esas sesiones, por lo que esta sección presenta el protocolo preparado y no resultados de campo. Para completar la validación se propone convocar a cinco personas: dos de Operaciones, una del gestor, una de Ambiente y una de Finanzas o Compras.

Cada sesión durará aproximadamente 20 minutos. El moderador explicará que se evalúa el diseño, solicitará autorización para tomar notas y entregará un caso ficticio. El participante expresará lo que piensa mientras realiza las tareas. El observador registrará tiempo, errores y ayudas, sin completar las acciones por él.

Tabla 118

Tareas y criterios propuestos de aceptación

Tarea	**Criterio exploratorio**
Localizar R-01 mediante QR o código	Al menos 4 de 5 participantes encuentran la ficha sin ayuda.
Registrar una salida de 15	Al menos 4 de 5 identifican los campos y terminan la tarea

t	en 3 minutos o menos.
Confirmar recepción	Al menos 4 de 5 distinguen peso de salida y peso recibido.
Reconocer el certificado pendiente	Los 5 identifican que recepción no equivale a valorización acreditada.
Intentar cerrar sin evidencia completa	Ningún caso incompleto se considera apto para cierre.
Valorar claridad de la interfaz	Al menos 4 de 5 califican la claridad con 4 o 5 en una escala de 1 a 5.

Los umbrales son propuestos para este estudio exploratorio y no compromisos de servicio.

Una muestra de cinco participantes ayuda a encontrar dificultades de uso, pero no permite generalizar porcentajes de satisfacción a toda la empresa. En una maqueta estática, el tiempo incluye la intervención del moderador y no representa velocidad real de una aplicación.

Las preguntas finales serán: ¿qué información faltó?, ¿qué significa documentación completa?, ¿qué haría si el QR no se lee? y ¿qué cambiaría antes de usarlo? Las incidencias críticas de cierre tendrán prioridad sobre mejoras estéticas. Tras ajustar las pantallas se repetirá la tarea afectada.

9.8.1 Condiciones para completar la validación

Incorporar los registros reales, calcular indicadores con el número efectivo de participantes y documentar los cambios entre versiones. Repetir las tareas críticas modificadas y omitir datos personales innecesarios.

9.9 Resultados y lecciones aprendidas

El resultado disponible es un diseño documentado con tres pantallas, reglas de cierre y protocolo de evaluación. No existe evidencia suficiente para afirmar que los usuarios lo

aceptaron, que disminuyeron los tiempos de registro o que mejoró la trazabilidad de retiros reales.

Tabla 119

Escenarios simulados para revisar la lógica del diseño

Escenario ficticio	**Respuesta prevista del prototipo**
R-01 sale con 15 t y es recibido con 15 t, pero falta el certificado.	Mostrar recepción confirmada y valorización pendiente; no habilitar el cierre.
Se adjunta el certificado sin revisión.	Mostrar evidencia recibida y revisión pendiente de Ambiente.
Ambiente valida todos los respaldos requeridos.	Permitir documentación completa y registrar responsable y fecha.
El peso recibido difiere del despachado.	Abrir incidencia y conservar ambos valores; evitar corrección o cierre automático.
La etiqueta QR es ilegible.	Buscar por R-01; reemplazar la etiqueta sin crear otro retiro.

Criterios de mejora derivados del análisis

La revisión de los escenarios permite establecer tres prioridades para el diseño: mostrar de forma visible los documentos pendientes, diferenciar la recepción física de la validación ambiental y ofrecer búsqueda por código cuando el QR no pueda leerse. Estos criterios deberán contrastarse durante las pruebas con usuarios. Los ajustes posteriores se documentarán relacionando cada dificultad observada con el cambio realizado y su nueva evaluación.

El aprendizaje del análisis es que la utilidad no depende del QR aislado, sino del vínculo estable entre retiro, eventos, documentos y responsables. También se identifica la necesidad de distinguir recepción física, evidencia adjunta y validación ambiental. Estas son conclusiones del diseño, pendientes de contraste con usuarios.

9.10 Presentación a compañeros

La presentación compartirá el problema abordado, el proceso de diseño y la propuesta de seguimiento de los retiros de celulosa de Lunara Andina S.A. Se utilizarán las imágenes del prototipo y el caso ficticio R-01 para explicar su funcionamiento.

Contexto y problema

Se explicará la necesidad de vincular los comprobantes de salida, recepción y valorización de cada retiro, facilitando su consulta entre Operaciones, el gestor ambiental y Ambiente.

Proceso del Design Sprint

Se mostrará un resumen visual de las cinco etapas: comprensión del problema, generación de alternativas, selección de la solución, creación del prototipo y planificación de las pruebas. Se distinguirán las actividades desarrolladas de la evaluación con usuarios que permanece pendiente.

Solución propuesta

Se presentarán las tres pantallas de la ficha digital: salida, recepción y trazabilidad documental. La selección se justificará mediante la comparación de alternativas. El caso R-01 permitirá explicar que una recepción confirmada no autoriza el cierre cuando falta evidencia de valorización.

Resultados y próximos pasos

Se compartirán los aprendizajes del diseño y de los escenarios simulados, especialmente la diferencia entre documentos adjuntos y documentos validados. Los próximos pasos serán

probar la maqueta con usuarios, incorporar sus observaciones y definir los requisitos técnicos para su implementación dentro del proyecto.

La exposición permitirá que los compañeros comprendan cómo el Design Sprint ayuda a concretar y evaluar una solución antes de invertir en su desarrollo.

9.11 Conclusiones

La ficha digital por retiro, accesible mediante código QR, constituye una alternativa propuesta cuya viabilidad deberá comprobarse mediante pruebas con usuarios y evaluación técnica para fortalecer la trazabilidad de los residuos de celulosa de Lunara Andina S.A. La propuesta centraliza la información de salida, recepción, incidencias, responsables y evidencias de valorización, facilitando el control operativo y ambiental.

El código QR permite acceder al expediente, mientras que la trazabilidad depende de la integridad de los registros y de las evidencias disponibles. Por esta razón, ningún retiro deberá cerrarse mientras existan diferencias, incidencias pendientes o documentación sin validar.

El prototipo permite evaluar la solución antes de implementar una aplicación definitiva. Las pruebas con los usuarios serán necesarias para comprobar la claridad de los estados, la facilidad de consulta y la efectividad de los controles establecidos.

Se recomienda validar el prototipo, incorporar las mejoras identificadas y definir los requerimientos de acceso, seguridad, almacenamiento y conectividad. Esta implementación gradual permitirá reducir riesgos y consolidar una gestión verificable y transparente del residuo de celulosa bajo principios de economía circular.

Capítulo 10

Cierre del proyecto

10.1 Introducción y alcance del cierre

Este capítulo desarrolla el cierre de la prueba piloto de valorización externa del residuo de celulosa de Lunara Andina S.A. Integra la finalización técnica, la evaluación del desempeño, la entrega de responsabilidades, el cierre administrativo y el aprendizaje del equipo. Su propósito es preparar una decisión sustentada sobre la continuidad, modificación o descarte del modelo de compostaje con gestor ambiental autorizado.

Se conservan las bases de los capítulos anteriores: 100 toneladas distribuidas en seis retiros, 12 semanas, costo actual de $ 27,80/t, tarifa objetivo de $ 21,50/t y presupuesto piloto de $ 3.795,00. El cronograma del capítulo 3 sitúa el proyecto entre el 5 de enero y el 29 de marzo de 2027. El cierre se programa dentro de la última semana, sujeto a la aceptación de evidencias y a cambios formalmente aprobados.

El proyecto integrado presenta simulaciones académicas y un prototipo QR cuya prueba real sigue pendiente. Por tanto, este capítulo aplica el proceso de cierre mediante un escenario de referencia y establece los documentos que exigiría una ejecución real. No atribuye retiros, facturas, certificados, aprobaciones ni beneficios efectivamente obtenidos a la empresa. Se distingue el cierre académico del plan de gestión del cierre operativo del piloto, que solo podrá aprobarse con evidencia verificable.

10.2 Fase de finalización

10.2.1 Finalización de actividades y entregables

La finalización se revisará por retiro y por entregable. Producción confirmará la salida del material; el gestor acreditará recepción y procesamiento o destino; Ambiente validará la cadena documental; y Finanzas conciliará toneladas, tarifa, factura y pago. Una carga recibida no se considerará automáticamente valorizada. El QR facilita el acceso al expediente, pero no reemplaza los respaldos ni la revisión del responsable.

Tabla 120

Criterios de aceptación de los entregables

Entregable	**Criterio y evidencia requerida**	**Valida**
Piloto de 100 t	Pesajes vinculados a R-01 a R-06; recepción aceptada y evidencia de procesamiento o destino de cada carga.	Ambiente y Producción
Gestor y servicio	Permisos y condiciones técnicas revisados; contrato y alcance del servicio documentados.	Ambiente y Compras
Expediente por retiro	Identificador único, fechas, pesajes, manifiestos, recepción, valorización e incidencias resueltas.	Ambiente
Comparación económica	Costos recurrentes comparables; separación de costos únicos; conciliación con facturas y presupuesto.	Finanzas
Ficha digital QR	Tres pantallas: salida, recepción y trazabilidad; pruebas con usuarios, permisos de acceso y respaldo.	Ambiente y responsable técnico
Informe y transición	Evaluación, riesgos residuales, responsables operativos, lecciones y decisión del Comité.	Director y Comité

La caracterización del residuo permite evaluar su aceptación técnica, pero no demuestra por sí sola la obtención de compost terminado. La tolerancia de pesaje de ±2 % mencionada en

capítulos previos es una hipótesis pendiente de validación. Toda diferencia se investigará y conciliará; no se aprobará de forma automática por estar dentro de ese porcentaje.

10.2.2 Secuencia y controles del cierre

Tabla 121

Agenda propuesta de cierre en la semana 12

Fecha	**Actividad y producto**	**Responsable**
23–24/03/2027	Completar el informe de resultados y consolidar evidencias técnicas, documentales y económicas.	Ambiente, Producción y Finanzas
25–26/03/2027	Elaborar el informe final y las lecciones aprendidas; realizar la revisión final del equipo.	Director del Proyecto y equipo
27/3/2027	Formular la recomendación de continuar, ajustar o descartar el modelo.	Director del Proyecto y áreas responsables
28–29/03/2027	Resolver la aceptación, formalizar la transferencia y aprobar el cierre administrativo y contractual.	Comité de Dirección y áreas responsables

Los días son una secuencia propuesta, no fechas ejecutadas. Si falta evidencia crítica de valorización, existe una incidencia ambiental sin resolver o no se concilian los valores, el cierre operativo se aplazará. El director elevará la causa y el impacto al Comité para aprobar la reprogramación. Los pendientes no críticos podrán transferirse únicamente con responsable, fecha, recurso y aceptación expresa, sin declarar cumplido el criterio afectado.

10.3 Evaluación del proyecto

10.3.1 Indicadores y evaluación de objetivos

La evaluación comparará la línea base vigente con datos reales, utilizando la misma definición de volumen y costo en ambos modelos. Se medirán por separado las toneladas retiradas,

recibidas y respaldadas como valorizadas para evitar sobreestimar el avance. La evidencia de ahorro se analizará junto con trazabilidad, continuidad de producción y cumplimiento de las condiciones ambientales del servicio.

Tabla 122

Matriz de evaluación para el cierre

Indicador	**Meta o fórmula**	**Fuente y estado actual**
Volumen valorizado	100 t; suma de toneladas con recepción y destino acreditados.	Pesajes y certificados. Meta pendiente de ejecución.
Trazabilidad	100 % = expedientes completos / retiros ejecutados × 100.	Seis expedientes en el escenario. Validación real pendiente.
Costo recurrente unitario	Costo recurrente comparable / t aceptadas; objetivo ≤ $ 21,50/t.	Contrato, factura y pesajes. Oferta o simulación.
Ahorro directo	(27,80 − costo recurrente real/t) × t comparables.	Finanzas. $ 630 potenciales para 100 t.
Plazo	12 semanas; desviación = fecha real − fecha base de cierre.	Cronograma final. No hay fecha real de finalización.
Presupuesto total	$ 3.795; desviación = costo total real − presupuesto vigente.	Mayor contable y compromisos. Ejecución no informada.
Flujo Kanban	SLE ≥ 85 % de retiros dentro de 7 días, según hipótesis del capítulo 8.	Fechas por tarjeta. 5,8 días es valor simulado.
Continuidad y ambiente	Sin incidentes críticos abiertos atribuibles al piloto.	Registro de incidentes y validación de Producción y Ambiente.
Usabilidad del QR	Usuarios distinguen recepción de cierre y localizan evidencias; registrar errores y tareas completadas.	Protocolo de pruebas del capítulo 9 pendiente de aplicación.

El espacio liberado se evaluará mediante mediciones comparables del área de almacenamiento antes y después de los retiros, registrando la generación de nuevo residuo. No se asigna una reducción en metros cuadrados ni una disminución de emisiones, porque no existen

mediciones que las sustenten. El informe consignará esos indicadores como no medidos cuando corresponda.

10.3.2 Evaluación económica del escenario de referencia

Tabla 123
Comparación económica del piloto

Concepto	**Valor**	**Qué representa**
Costo actual de gestionar 100 t	$2.780,00	100 t × $27,80/t
Costo propuesto de gestionar 100 t	$2.150,00	100 t × $21,50/t
Ahorro directo potencial del servicio	$630,00	Reducción del 22,66 %, sujeta a confirmar costos equivalentes
Preparación y validación inicial	$1.300,00	Análisis, revisión documental, capacitación, materiales y trazabilidad
Reserva de contingencia	$345,00	Se utilizará únicamente si resulta necesario y se aprueba
Presupuesto total del piloto	**$3.795,00**	Servicio, preparación y reserva

La propuesta permitiría reducir el costo del servicio de $27,80 a $21,50 por tonelada, con un ahorro directo potencial de $6,30 por tonelada, equivalente al 22,66 %. El piloto de 100 toneladas busca comprobar esta reducción mediante costos comparables, sin comprometer la trazabilidad, el cumplimiento ambiental ni la continuidad operativa.

El presupuesto total del piloto asciende a $3.795,00: $2.150,00 por el servicio de gestión externa, $1.300,00 para preparación y validación inicial y $345,00 de reserva de contingencia. El ahorro directo potencial del servicio es de $630,00; sin embargo, no constituye ahorro neto del piloto. Si se utiliza todo el presupuesto, su costo superaría en $1.015,00 al costo actual de gestionar el mismo volumen. Esta inversión permitirá obtener evidencia para decidir si corresponde continuar, ajustar o descartar el modelo.

Una vez validado el servicio, el ahorro directo potencial sería de $630,00 por cada 100 toneladas adicionales, siempre que se mantenga la tarifa, ambos servicios incluyan prestaciones equivalentes y se confirme qué gastos de preparación son únicos y cuáles podrían repetirse. El ahorro efectivo se determinará con las facturas, los pesajes y los demás registros de la operación. La reserva de contingencia se utilizará únicamente ante variaciones justificadas, con respaldo y aprobación. El presupuesto se revisará quincenalmente, registrando compromisos, gastos, contingencia utilizada y cambios autorizados, para sustentar la decisión sobre la continuidad del modelo.

10.3.3 Desviaciones y riesgos residuales

Cada desviación deberá registrar referencia inicial, resultado real, causa, impacto, acción, responsable y evidencia de resolución. En ausencia de mediciones reales, el informe mostrará “pendiente de validación”, sin asignar un resultado favorable.

Tabla 124
Tratamiento de riesgos al cierre

Riesgo residual	**Acción y condición de cierre**	**Responsable**

Recepción sin evidencia de valorización	Solicitar respaldo del procesamiento o destino; mantener retiro en Validación y trazabilidad.	Ambiente y gestor
Diferencia entre pesajes	Revisar instrumentos, registros y pérdidas o rechazos; documentar conciliación.	Producción y gestor
Precio no comparable	Desglosar transporte y cargos adicionales; recalcular costo unitario antes de decidir.	Finanzas y Compras
Demora del gestor	Revisar capacidad y ventanas; calificar alternativa y mantener almacenamiento controlado.	Compras y Producción
Prototipo QR sin validar	Completar pruebas reales; mantener registro controlado alternativo hasta aceptación.	Ambiente y responsable técnico
Compromisos financieros abiertos	Conciliar factura y contrato; documentar obligación y responsable hasta liquidación.	Finanzas

10.4 Entrega y cierre administrativo

10.4.1 Contratos cuentas y recursos

Compras verificará cumplimiento del contrato piloto, aceptación del servicio, modificaciones aprobadas y obligaciones pendientes. Finanzas conciliará órdenes, facturas, pagos, anticipos y provisiones, identificando el gasto real y la contingencia no utilizada. El contrato de un eventual servicio permanente requerirá una decisión independiente; la conclusión del piloto no lo autoriza automáticamente.

El director liberará las dedicaciones temporales del equipo tras aceptar los entregables. Los equipos de pesaje, espacios y materiales se devolverán a sus custodios habituales. Producción asumirá la coordinación de retiros futuros únicamente si se aprueba continuidad; Ambiente conservará la validación documental; Compras gestionará proveedores y Finanzas el control

económico. La transferencia incluirá una sesión de explicación, prueba de acceso al expediente y constancia de recepción.

10.4.2 Repositorio y aceptación formal

Se propone un expediente único con carpetas de línea base y cambios, gestor y contratación, retiros R-01 a R-06, costos, calidad y riesgos, pruebas QR, lecciones e informe y acta. Cada archivo tendrá identificador, fecha, versión y responsable. Ambiente custodiará la documentación técnica y Finanzas sus respaldos financieros, con permisos por función y copia de seguridad. El tiempo de conservación se definirá según la política institucional y los requisitos aplicables antes de la aprobación; no se fija un plazo sin respaldo.

El Product Owner aceptará los incrementos frente a los criterios acordados; Ambiente y Producción validarán los entregables técnicos; Finanzas confirmará la conciliación económica; el Comité de Dirección aprobará el cierre formal. La aceptación de una maqueta o de una simulación no equivale a la aceptación de un servicio operativo.

Tabla 125

Contenido del acta propuesta de cierre

Campo	**Registro requerido**
Identificación	Proyecto, versión de línea base, periodo evaluado y participantes.
Entregables y evidencias	Lista de entregables, expediente asociado y aceptación de cada área.
Resultados	Volumen, costo, plazo, trazabilidad y limitaciones de la medición.
Pendientes	Descripción, criticidad, responsable, fecha y mecanismo de seguimiento.
Decisión	Aceptar cierre, aceptar con reservas no críticas o aplazar con justificación.
Transferencia y firmas	Custodios, responsables operativos, autorizaciones y fecha efectiva.

El acta se completará con la decisión del Comité, la fecha de cierre y las firmas de los responsables, una vez verificadas las evidencias.

10.5 Recopilación de lecciones aprendidas

La retrospectiva final recogerá prácticas útiles, dificultades y mejoras. Cada participante aportará observaciones con evidencias; el facilitador agrupará causas y convertirá los acuerdos en acciones verificables. En este documento las lecciones derivan del diseño y las simulaciones de los capítulos 1 a 9, no de una operación de campo concluida (García y Gómez Pérez, 2013).

Tabla 126

Lecciones del diseño y acciones para la ejecución

Aprendizaje	**Aplicación y evidencia futura**	**Responsable y plazo**
Separar recepción y valorización	Añadir ambos estados al expediente y exigir prueba del destino para terminar la tarjeta.	Ambiente; antes de R-01.
Distinguir costo recurrente y piloto	Conciliar tarifa y gastos únicos; reportar ahorro directo separado del costo de validación.	Finanzas; cada revisión.
Limitar trabajo en curso	Revisar bloqueos y capacidad antes de aumentar WIP; comparar resultados del experimento.	Equipo; cada Sprint.
Probar antes de digitalizar	Aplicar guion a Operaciones, gestor y Ambiente; registrar errores y ajustes de pantalla.	Responsable técnico; antes de uso real.
Mantener evidencia del aprendizaje	Documentar causa, impacto, acción y resultado, incluidos intentos sin efecto.	Director; retrospectiva final.
Consolidar una línea base	Mantener el presupuesto de $ 3.795,00 y registrar toda actualización aprobada.	Comité y Finanzas; antes de ejecutar.

Después de la retrospectiva, el director reconocerá la contribución de Producción, Ambiente, Compras, Finanzas y del gestor mediante una reunión de cierre y agradecimiento

formal. La reunión de cierre comunicará los entregables desarrollados, los aprendizajes y las validaciones pendientes antes de ampliar el modelo.

10.6 Informe final de cierre

10.6.1 Informe final del piloto: escenario simulado

Resumen ejecutivo. Se elaboró un plan híbrido para evaluar la gestión externa de 100 t de celulosa en seis retiros durante 12 semanas. La alternativa ofrece un costo directo objetivo de $ 21,50/t frente a $ 27,80/t y un ahorro potencial de $ 630 para igual volumen. La viabilidad operativa, ambiental y financiera definitiva permanece condicionada a una prueba real y a la comparación de costos completos.

Alcance preparado. El trabajo incluye planificación, roles, comunicación, riesgos, Scrum, Kanban, hipótesis Lean Startup, MVP de R-01 y prototipo de tres pantallas accesible mediante QR. Los seis retiros son R-01 = 15 t, R-02 = 20 t, R-03 = 20 t, R-04 = 20 t, R-05 = 15 t y R-06 = 10 t. La ejecución de estas cargas y la validación del prototipo no están acreditadas con datos de campo.

Desempeño evaluado. La simulación del capítulo 8 muestra 100 t, $ 21,50/t, tiempo medio de 5,8 días y cumplimiento documental favorable. Estos valores se utilizan para contrastar hipótesis, no para certificar resultados. El capítulo 9 prepara pruebas de comprensión y consulta del expediente; sus respuestas reales quedan pendientes. El capítulo 10 establece las evidencias y responsabilidades necesarias para convertir esas hipótesis en una evaluación verificable.

Situación administrativa. No se aportan contratos liquidados, comprobantes finales ni actas firmadas. La documentación diseñada queda lista como guía de aplicación. La aprobación del cierre operativo corresponde al Comité de Dirección, previa validación de entregables, conciliación financiera y resolución de pendientes críticos. Los gastos reales y las desviaciones de plazo no pueden calcularse con la información disponible.

10.6.2 Decisión y continuidad

Al finalizar el piloto, el Comité de Dirección evaluará los seis retiros R-01 a R-06 y decidirá si corresponde continuar, ajustar o descartar el modelo de valorización externa del residuo de celulosa. La continuidad dependerá de comprobar el volumen valorizado, la trazabilidad documental, el costo del servicio, el cumplimiento ambiental y la continuidad de las operaciones. Si se cumplen los criterios de aceptación, podrá aprobarse una propuesta de operación permanente; si se identifican desviaciones corregibles, se definirán ajustes con responsables y plazos; y si la alternativa no resulta viable, se recomendará su descarte. El ahorro directo de $ 630 se mantendrá como potencial hasta verificarlo mediante costos y registros del piloto.

Si al terminar las 12 semanas sigue pendiente una evidencia esencial, se emitirá un informe de avance y se gestionará una extensión aprobada o la terminación anticipada motivada. Se conservarán los resultados parciales y las causas. Si se aprueba continuidad, se propone revisar el desempeño a 30 y 90 días desde el inicio del servicio posterior: tarifa real, frecuencia, acumulación, documentos e incidencias. Estos controles futuros deberán tener responsable y recursos y no se presentarán como impactos ya alcanzados (Fornet-Hernández et al., 2017).

10.7 Ejercicio de conceptos ágiles y Lean

La matriz identifica las herramientas Lean incorporadas al plan y las que pueden aplicarse durante la ejecución, indicando su utilidad, responsable y plazo.

Tabla 127

Aplicación de herramientas Lean

Herramienta	**Se usa**	**Se puede usar**	**Cómo**	**Responsable**	**Plazo**
5S	No	Sí	Ordenar zona temporal, etiquetas y expedientes.	Producción	Antes de R-01
Andon	No	Sí	Aviso visual de bloqueo y escalamiento.	Equipo	Cada retiro
Cuellos de botella	Sí	Sí	Revisar colas y demora documental en Kanban.	Equipo	Cada Sprint
Heijunka	No	Sí	Nivelar retiros según generación y capacidad.	Producción y gestor	Tras R-01
Jidoka	No	Sí	Detener flujo ante evidencia faltante o rechazo.	Ambiente	Cada retiro
Kanban	Sí	Sí	Políticas, WIP, bloqueos y cierre por evidencia.	Equipo	12 semanas
PDCA	Sí	Sí	Planificar, probar, revisar y ajustar hipótesis.	Director	Cada Sprint
Poka yoke	No	Sí	Campos obligatorios y alerta de documentos faltantes.	Responsable técnico	Prueba QR
SMED	No	Condicional	Analizar preparación de carga sin omitir controles.	Producción	Tras medir carga
TPM	No	Condicional	Coordinar disponibilidad y mantenimiento del	Mantenimiento	Antes de retiros

			pesaje.		
VSM	No	Sí	Mapear esperas desde generación a validación.	Equipo	Inicio y cierre
Indicadores visuales	Sí	Sí	Mostrar toneladas, costo y documentos pendientes.	Director	Cada revisión
Trabajo estandarizado	Sí	Sí	Aplicar ficha, checklist y responsables comunes.	Ambiente	Desde R-01

10.8 Conclusiones y aplicaciones

El proyecto propone un modelo de gestión y valorización del residuo de celulosa de Lunara Andina S.A., orientado a reducir costos y fortalecer la trazabilidad mediante prácticas de economía circular. La propuesta integra la selección de un gestor ambiental, la planificación de los retiros y la verificación documental del destino del residuo.

El análisis estima una reducción del costo del servicio de $27,80 a $21,50 por tonelada, equivalente a un ahorro directo potencial de $6,30 por tonelada. Para 100 toneladas, este ahorro sería de $630. Sin embargo, el presupuesto del piloto incluye preparación, verificación y contingencia, por lo que no se prevé un ahorro neto inmediato. Su aplicación permitirá comprobar la viabilidad del modelo antes de ampliar la operación.

En el entorno de la empresa, el registro digital asociado a un código QR por retiro facilitará la consulta de pesajes, recepción, incidencias y documentos de respaldo. La recepción

del residuo deberá distinguirse de su valorización efectiva, cuya acreditación requerirá evidencia del gestor y validación del área de Ambiente.

Los resultados presentados corresponden a una propuesta y a escenarios simulados. La continuidad del modelo dependerá de que el piloto confirme la tarifa prevista, la capacidad del gestor, la continuidad operativa y la evidencia de valorización. Si estas condiciones se cumplen y no se repiten los gastos iniciales, el servicio podría generar ahorros en los siguientes retiros y servir como base para gestionar otros residuos aprovechables de la empresa.

.

11. Referencias

Agile Manifesto. (2001). Principios del Manifiesto Ágil. https://agilemanifesto.org/iso/es/principles.html

BanQu. (s. f.). Project 2Life: Dow and BanQu turn waste into profit. https://www.banqu.co/case-study/project-2life-dow-and-banqu-turn-waste-into-profit

Bosch. (2024). Annual report 2023. https://assets.bosch.com/media/en/global/bosch_group/our_figures/publication_archive/pdf_1/gb2023.pdf

Campbell, A. G., Zhang, X., & Tripepi, R. R. (1995). Composting and evaluating a pulp and paper sludge for use as a soil amendment/mulch. Compost Science & Utilization, 3(1), 84–95. https://doi.org/10.1080/1065657X.1995.10701773

Coleman, J., Vacanti, D., Johnson, C., Singh, P., Wester, J., Neverdal, C., Firlit, M., Gilb, T., & Tendon, S. (2025). The Kanban guide. https://kanbanguides.org/the-kanban-guide/

Denning, S. (2018). The age of agile: How smart companies are transforming the way work gets done. AMACOM.

Ellen MacArthur Foundation. (s. f.). What is the meaning of a circular economy and what are the main principles? https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview

Fornet-Hernández, E., Martínez-Bermúdez, J. M., Martín-Piñero, Y., & Reyes-Fornet, A. (2017). Fase conclusiva de proyectos de investigación y desarrollo. Su relevancia, resultados aplicables. Ciencias Holguín, 23(2), 1–17. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181550959003

García, D., & Gómez Pérez, M. Á. (2013). Metodología para el cierre administrativo de los proyectos de desarrollo de transmisión en el sector eléctrico. Télématique, 12(2), 47–64. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78428243003

Haile, A., Gelebo, G. G., Tesfaye, T., Mengie, W., Mebrate, M. A., Abuhay, A., & Limeneh, D. Y. (2021). Pulp and paper mill wastes: Utilizations and prospects for high value-added biomaterials. Bioresources and Bioprocessing, 8, Article 35. https://doi.org/10.1186/s40643-021-00385-3

Institute of Project Management. (2026). ¿Qué es la metodología ágil? Guía completa para principiantes. https://instituteprojectmanagement.com/es/blog/que-es-la-metodologia-agil-guia-completa-para-principiantes/

Josa, S. (2022, 27 de octubre). Caso de éxito: logística inversa en Indumetal Recycling, empresa de gestión de RAEE. Hiberus. https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/caso-de-exito-logistica-inversa-en-indumetal-recycling/

Kanban University. (2021). The official guide to the Kanban method. https://resources.kanban.university/wp-content/uploads/2021/06/The-Official-Kanban-Guide_US.pdf

Kerzner, H. (2022). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (13th ed.). Wiley.

Martínez Padua, J. V., Quitian Monroy, J. S., & Castiblanco Jiménez, I. A. (2022). Caracterización y comparación de metodologías ágiles y tradicionales de desarrollo de producto. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 32(2), 9–26. https://doi.org/10.18359/rcin.5168

Matarranz, J. L. (s. f.). Design Sprint [Material de clase S9-01].

Presidencia de la República del Ecuador. (2019, 12 de junio). Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (Decreto Ejecutivo No. 752). Registro Oficial, Suplemento No. 507. https://sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec/producto/reglamento-al-codigo-organico-del-ambiente/

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2019). Software engineering: A practitioner's approach (9th ed.). McGraw-Hill Education.

Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide) and the standard for project management (7th ed.). https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok

PwC Venezuela. (2019). Proyectos ágiles: Marcos de gestión para transformar los modelos de negocio. https://www.pwc.com/ve/es/publicaciones/assets/PublicacionesNew/Boletines/Nota-RAS-Proyectos%20Agiles-2019.pdf

Ries, E. (2011). El método Lean Startup: Cómo crear empresas de éxito utilizando la innovación continua. Deusto.

Rigby, D. K., Sutherland, J., & Takeuchi, H. (2016). Embracing agile. Harvard Business Review, 94(5), 40–50. https://hbr.org/2016/05/embracing-agile

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). La guía Scrum: La guía definitiva de Scrum: Las reglas del juego. https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-Latin-South-American.pdf

Sensoneo. (s. f.). Schaeffler's digital waste management transformation. https://www.sensoneo.com/success-stories/digital-transformation-schaeffler

Universidad Internacional del Ecuador. (2026). Metodología Scrum [Material de clase].

Verzuh, E. (2021). The fast forward MBA in project management (6th ed.). Wiley.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation (2nd ed.). Free Press.

Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6th ed.). SAGE Publications.

Anexo A Ficha para registrar las pruebas reales

Código del participante: _____ Rol: _____

Fecha: _____ Moderador: _____

Autorización para tomar notas: Sí / No Dispositivo: _____

Tabla 128

Registro individual de observación

Tarea	Completó sin ayuda	Tiempo	Error u observación
Localizar R-01	_____	_____	_____
Registrar salida	_____	_____	_____
Confirmar recepción	_____	_____	_____
Identificar pendiente	_____	_____	_____
Explicar el cierre	_____	_____	_____

Claridad percibida de 1 a 5: _____ Cambio sugerido: _____

Observación textual del participante: _____

Ajuste decidido y responsable: _____

Anexo B. Checklist de verificación por retiro

Código del retiro: _____Fecha: _____Gestor: _____

Tabla 129

Checklist de verificación por retiro

Momento	Control por verificar	Cumple / Pendiente / No aplica	Evidencia u observación
Antes del despacho	Permisos del gestor y condiciones del servicio verificados		
Antes del despacho	Condiciones del residuo conformes con los requisitos de aceptación		
Despacho	Peso de salida y comprobante registrados		
Recepción	Recepción y peso de destino confirmados por el gestor		
Validación	Diferencias de pesaje e incidencias revisadas y resueltas		
Validación	Evidencia de valorización o destino autorizado incorporada		
Cierre	Expediente completo revisado y aprobado por Ambiente		

Responsable de validación ambiental: _____Fecha: _____

Este formato se completará para cada retiro R-01 a R-06. La recepción del material no equivale al cierre del expediente; este requerirá evidencia completa y validación del Área Ambiental.