



Sistema Nacional de Programación Multianual
y Gestión de Inversiones

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado



PERÚ

Ministerio
de Economía y Finanzas



Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Ministerio de Economía y Finanzas
Dirección General de Programación Multianual de Inversiones - DGPMI

Primera Versión: agosto 2025

© Ministerio de Economía y Finanzas - MEF
Dirección General de Programación Multianual de Inversiones - DGPMI

La información contenida en este documento puede ser reproducida total o parcialmente, siempre y cuando se mencione la fuente de origen y se envíe un ejemplar al Ministerio de Economía y Finanzas del Perú – MEF

CONTENIDO

CONTENIDO	3
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE RECUADROS.....	14
LISTA DE ACRÓNIMOS	16
PRÓLOGO	17
1. ASPECTOS GENERALES	18
CONSIDERACIONES GENERALES.....	18
NOMBRE DEL PROYECTO	20
1.1 DEFINICIÓN DEL NOMBRE DEL PROYECTO	20
1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	24
INSTITUCIONALIDAD	26
1.3 LA OFICINA DE PROGRAMACIÓN MULTIANUAL DE INVERSIONES (OPMI):.....	26
1.4 LA UNIDAD FORMULADORA (UF).....	27
1.5 LA UNIDAD EJECUTORA DE INVERSIÓN (UEI)	27
1.6 EL OPERADOR.....	27
1.7 MARCO DE REFERENCIA.....	29
2. CAPÍTULO I: MÓDULO DE IDENTIFICACIÓN.....	32
DIAGNÓSTICO.....	33
2.1 EL TERRITORIO	38
2.2 LA POBLACIÓN AFECTADA	49
2.3 LA UNIDAD PRODUCTORA	53
2.4 OTROS AGENTES INVOLUCRADOS.....	83
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA, SUS CAUSAS Y SUS EFECTOS	85
2.5 PROBLEMA CENTRAL	85
2.6 ANÁLISIS DE CAUSAS.....	90
2.7 ANÁLISIS DE EFECTOS	90
PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	92
2.8 OBJETIVO CENTRAL.....	93
2.9 LOS MEDIOS PARA ALCANZAR EL OBJETIVO	94
2.10 LOS FINES DEL PROYECTO	98
2.11 PLANTEAMIENTO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.....	99
3. CAPÍTULO II: MÓDULO DE FORMULACIÓN.....	111

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión
de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

HORIZONTE DE EVALUACIÓN.....	112
ANÁLISIS DE MERCADO DEL SERVICIO	113
3.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DEL SERVICIO	113
3.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA.....	128
3.3 BRECHA OFERTA - DEMANDA	129
ANÁLISIS TÉCNICO.....	133
3.4 ASPECTOS TÉCNICOS.....	135
A. Tamaño:.....	136
B. Localización:.....	140
C. Tecnología:.....	143
D. Impacto Ambiental.....	147
E. Riesgo de Desastres y Cambio Climático:.....	149
3.5 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS FACTIBLES.....	150
3.6 DISEÑO PRELIMINAR DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS FACTIBLES	151
3.7 METAS FÍSICAS DE LOS ACTIVOS QUE SE BUSCAN CREAR O MODIFICAR	160
GESTIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	162
3.8 FASE DE EJECUCIÓN	162
3.9 FASE DE FUNCIONAMIENTO	168
3.10 GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS EN LA EJECUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	169
COSTO DEL PROYECTO A PRECIOS DE MERCADO	171
3.11 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE INVERSIÓN	172
3.12 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE INVERSIÓN EN LA FASE DE FUNCIONAMIENTO..	177
3.13 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE O&M INCREMENTALES.....	179
3.14 FLUJO DE COSTOS INCREMENTALES A PRECIOS DE MERCADO	185
4. CAPÍTULO III: MÓDULO DE EVALUACIÓN.....	186
EVALUACIÓN SOCIAL.....	186
4.1 BENEFICIOS SOCIALES.....	187
4.2 COSTOS SOCIALES	201
4.3 ESTIMACIÓN DE INDICADORES DE RENTABILIDAD SOCIAL.....	208
4.4 ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE.....	212
EVALUACIÓN PRIVADA.....	217
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	220
4.5 ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD FINANCIERA.....	221
FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO.....	221
MATRIZ DEL MARCO LÓGICO	222
4.6 CONSIDERACIONES BÁSICAS.....	222

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

4.7 ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DEL MARCO LÓGICO.....	223
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	228
ANEXOS.....	229
ANEXO I. NIVELES DE SERVICIO Y ESTÁNDARES DE CALIDAD.....	229
ANEXO II. CONSIDERACIONES CONCEPTUALES PARA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DEL SERVICIO DE PROVISIÓN DE AGUA PARA RIEGO.....	234
ANEXO III. PARÁMETROS CLIMÁTICOS Y AGRONÓMICOS PARA EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y CRECIMIENTO DE CULTIVOS	252
ANEXO IV. CÉDULA DE CULTIVO	265
ANEXO V. CONVERSIÓN DE PRECIOS PRIVADOS A PRECIOS SOCIALES.....	266
ANEXO VI. ÁRBOLES DE CAUSAS Y EFECTOS Y DE MEDIOS Y FINES.....	268
ANEXO VII. FUENTES DE INFORMACIÓN A CONSULTAR PARA REALIZAR EL DIAGNÓSTICO.....	274
ANEXO VIII. GESTIÓN DE RIESGO (GDR) – CASO PRÁCTICO.....	277
ANEXO IX. GLOSARIO DE TÉRMINOS	286
BIBLIOGRAFÍA	294

Índice de gráficos

Gráfico 1. Mapa de Localización del Proyecto Infraestructura de Riego.....	25
Gráfico 2. Mapa de Localización de la Tipología Riego Tecnificado.....	26
Gráfico 3. Estructura del diagnóstico.....	37
Gráfico 4. Área de estudio y Área de influencia de un proyecto de riego.....	40
Gráfico 5. Temática a abordar en sección Aspectos Generales.....	40
Gráfico 6. Área de influencia – IR Mejoramiento.....	45
Gráfico 7. Localización del área de influencia – IR Creación.....	46
Gráfico 8. Área de estudio / Tipología: Riego Tecnificado.....	47
Gráfico 9. Proceso vinculado al “Servicio Público de Provisión de Agua para Riego” a través del Sistema de Riego o Infraestructura Hidráulica de Riego.....	55
Gráfico 10. Sistema de Infraestructura de Riego.....	56
Gráfico 11. Sistema de riego (considera aplicación/riego tecnificado)	57
Gráfico 12. Pasos para el diagnóstico de la UP.....	58
Gráfico 13. Tareas para elaborar el diagnóstico de la UP	61
Gráfico 14. Oferta hídrica de la UP en el punto de captación	64
Gráfico 15. Consideraciones para la Optimización de la oferta y su proyección.....	66
Gráfico 16. Acreditación hídrica Artículo 1 – Ejemplo 1	72
Gráfico 17. Licencia de agua emitida por el ANA, agua subterránea 2.....	73

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Gráfico 18. Licencia de agua emitida por el ANA, aguas superficiales	74
Gráfico 19. Pasos para el planteamiento de la alternativa de solución	100
Gráfico 20. Esquemas del riego tecnificado	107
Gráfico 21. Planteamiento hidráulico - Proyecto 1	108
Gráfico 22. Planteamiento hidráulico - Proyecto 2	109
Gráfico 23. Planteamiento hidráulico Proyecto 1	109
Gráfico 24. Planteamiento hidráulico - Proyecto 2	110
Gráfico 25. Planteamiento hidráulico - Proyecto 2	110
Gráfico 26. Temas a abordar en el Módulo de Formulación.....	111
Gráfico 27. Pasos para estimar la demanda del servicio en la situación “sin proyecto”	116
Gráfico 28. Cálculos referenciales para estimar la demanda de un proyecto de riego en la situación “sin proyecto”.	117
Gráfico 29. Curva típica sistema No Regulado – Costa.....	117
Gráfico 30. Tendencia de la Curva de un sistema No Regulado – Sierra y Selva	118
Gráfico 31. Tendencia de la Curva de un sistema Regulado	119
Gráfico 32. Tareas para la estimación de la demanda en la situación “sin proyecto”	120
Gráfico 33. Simulación de operación de embalse.....	123
Gráfico 34. Estimación del volumen de almacenamiento mediante el método del algoritmo del pico secuente.....	123
Gráfico 35. Pasos para estimar la demanda del servicio en la situación “con proyecto”	124
Gráfico 36. Caudal de ingreso y salida en la situación sin proyecto.....	125
Gráfico 37. eficiencia de conducción en la “situación con proyecto”	125
Gráfico 38. Balance hídrico S/C proyecto Sistema de Riego.....	131
Gráfico 39. Balance hídrico / Sistema Regulado – Costa.....	132
Gráfico 40. Balance hídrico / Sistema no Regulado – Costa.....	132
Gráfico 41. Balance hídrico / Sistema no Regulado - Sierra y Selva	133
Gráfico 42. Pasos para realizar el análisis técnico de un proyecto.....	134
Gráfico 43. Distribución del agua (programación a la DEMANDA).....	152
Gráfico 44. Esquema Hidráulico (Programación por Turnos).....	154
Gráfico 45. Planteamiento hidráulico con alternativas técnicas para proyectos de creación.....	155
Gráfico 46. Distribución del caudal de agua en una red de riego.....	156
Gráfico 47. Distribución del agua - Aleatorio	157
Gráfico 48. Máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración.....	158

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Gráfico 49. Flujo libre y flujo a presión	159
Gráfico 50. Pasos para el análisis de gestión de un PI en la fase de ejecución..	162
Gráfico 51. Pasos para para elaborar el Plan de Implementación.....	163
Gráfico 52. Síntesis del plan de implementación para un proyecto de irrigación	166
Gráfico 53. Principales requerimientos institucionales en la fase de ejecución.	167
Gráfico 54. Pasos para el análisis de gestión de un PI en la fase de funcionamiento	168
Gráfico 55. Pasos para la estimación de los costos de un PI	172
Gráfico 56. Pasos para estimar los costos de inversión en la fase de funcionamiento	178
Gráfico 57. Pasos para estimar los costos de O&M incrementales	179
Gráfico 58. Estimación de brecha hídrica.....	194
Gráfico 59. Pasos para el análisis de sensibilidad	214
Gráfico 60. Precios proyectados de la papa valores máximos y mínimo enero del 2021- diciembre 2024.	215
Gráfico 61. Precios proyectados del frijol valores máximos y mínimo enero del 2021- diciembre 2024	216
Gráfico 62. Análisis de riesgo probabilístico del VANS – Alternativa 1	216
Gráfico 63. Análisis de riesgo probabilístico del VANS – Alternativa 2	217
Gráfico 64. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), bajo condiciones estándar (ETc).....	243
Gráfico 65. Cálculo de Eto Penman-Monteith	245
Gráfico 66. Comportamiento del Kc de un cultivo en su período vegetativo.....	246
Gráfico 67. Método para cálculo de la precipitación efectiva	247
Gráfico 68. Árbol de causas y efectos de PI de infraestructura de riego, naturaleza de creación	268
Gráfico 69. Árbol de causas y efectos de PI de infraestructura de riego, naturaleza de mejoramiento	269
Gráfico 70. Árbol de causas y efectos de PI de riego tecnificado, naturaleza de mejoramiento.....	270
Gráfico 71. Árbol de medios y fines de PI de infraestructura de riego, naturaleza de creación.....	271
Gráfico 72. Árbol de medios y fines de PI de infraestructura de riego, naturaleza de mejoramiento	272
Gráfico 73. Árbol de medios y fines de PI de riego tecnificado, naturaleza de mejoramiento.....	273
Gráfico 74. Área de estudio del canal La Menta.	277
Gráfico 75. Ubicación de las áreas de cultivo del canal La Menta.....	278

Gráfico 76. Toma rústica El Champoso, donde inicia el canal principal La Menta	279
Gráfico 77. Ejemplo del taller de metodología participativa	280
Gráfico 78. Registro de precipitación de la estación pluviométrica “Las Lomas”	281
Gráfico 79. Descargas máximas anuales instantáneas del río Chipillico.	281
Gráfico 80. Temporalidad de los eventos extremos.	282

Índice de tablas

Tabla 1. Documento técnico de acuerdo con el monto de inversión y naturaleza de intervención	18
Tabla 2. Naturaleza de intervención según tipología de proyecto.....	21
Tabla 3. Criterios de selección para la naturaleza de intervención para la tipología de Infraestructura de Riego.....	21
Tabla 4. Criterios de selección para la naturaleza de intervención para la tipología de Riego Tecnificado.....	22
Tabla 5. Ejemplo de denominación de los proyectos de inversión de riego	23
Tabla 6. Criterios para la localización de un proyecto de Infraestructura de Riego	24
Tabla 7. Criterios para la localización de un proyecto de Riego Tecnificado	25
Tabla 8: Ejemplo de OPMI de nivel de Gobierno Nacional.....	26
Tabla 9: Ejemplo de UF de nivel de Gobierno Nacional	27
Tabla 10. Ejemplo de UEI de nivel de Gobierno Nacional	27
Tabla 11. Ejemplos del Operador del servicio de provisión de agua para riego....	28
Tabla 12. Antecedentes e hitos relevantes de un proyecto para ambas tipologías	30
Tabla 13. Lineamientos a tener en cuenta para proyectos de riego.....	31
Tabla 14. Fuentes de información a recopilar para el diagnóstico	36
Tabla 15. Criterios para el diagnóstico de proyectos de riego	38
Tabla 16. Recopilación de información secundaria– Mejoramiento	41
Tabla 17. Recopilación de información– Creación.....	41
Tabla 18. Evaluación de campo – PI de Mejoramiento.....	42
Tabla 19. Evaluación de campo – PI de Creación.....	43
Tabla 20. Formato para resumir los resultados del análisis de peligros	48
Tabla 21. Ejemplos de población afectada para proyecto de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado	50
Tabla 22. Estado de los activos de una UP por tipo de factor de producción	60

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 23. Consideraciones para la evaluación de los procesos y factores de producción	61
Tabla 24. Consideraciones para la estimación y proyección de la oferta en la situación “sin proyecto” (Tarea 2 y Tarea 3).....	65
Tabla 25. Consideraciones para la para la estimación y proyección de la oferta optimizada.....	67
Tabla 26. Recopilación de información de la UP – Mejoramiento	69
Tabla 27. Recopilación de información de la UP – Creación.....	69
Tabla 28. Evaluación de campo de la UP – PI de Mejoramiento	70
Tabla 29. Evaluación de los procesos y factores productivos de la UP	71
Tabla 30. Oferta actual de la UP	74
Tabla 31. Volumen anual de agua asignado por la ANA	75
Tabla 32. Proyección del Volumen	75
Tabla 33. Volumen anual de agua asignado por la ANA	76
Tabla 34. Proyección de la oferta optimizada	77
Tabla 35. Recopilación de información de la UP: tipología Riego Tecnificado.....	78
Tabla 36. Evaluación de campo de la UP – Mejoramiento / Riego Tecnificado....	79
Tabla 37. Análisis y resultados del diagnóstico UP Riego tecnificado.....	80
Tabla 38. Eficiencia de aplicación de agua para diferentes sistemas de riego	81
Tabla 39. Valores de intervalos de humedad disponible en los diferentes suelos por unidad de profundidad y velocidad de infiltración máxima	81
Tabla 40. Ejemplo de Matriz de involucrados para el PI “creación del Servicio de Provisión de Agua para Riego”	84
Tabla 41. Identificación del problema para un proyecto de la tipología de infraestructura de riego	87
Tabla 42. Identificación del problema para un proyecto de la tipología de riego tecnificado.....	87
Tabla 43. Identificación del problema para un proyecto de la naturaleza de creación.....	87
Tabla 44. Identificación del problema para un proyecto de la naturaleza de mejoramiento	88
Tabla 45. Identificación del problema para un proyecto de la naturaleza de ampliación	88
Tabla 46. Identificación del problema para un proyecto de la naturaleza de recuperación.....	89
Tabla 47. Identificación del problema para un proyecto de la naturaleza de mejoramiento – Riego Tecnificado	89
Tabla 48. Identificación de efectos - Caso Creación.....	91
Tabla 49. Identificación de efectos - Caso Mejoramiento	92

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 50. Objetivos para proyectos de la tipología de infraestructura de riego ...	93
Tabla 51. Objetivos para proyectos de la tipología de riego tecnificado	94
Tabla 52. Ejemplos para la construcción del objetivo central del proyecto.....	94
Tabla 53. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Creación (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Mayor).....	95
Tabla 54. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Creación (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Menor)	95
Tabla 55. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Mejoramiento (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Mayor)	96
Tabla 56. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Mejoramiento (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Menor)	96
Tabla 57. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Ampliación y mejoramiento (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Mayor)	97
Tabla 58. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Recuperación (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Menor)	97
Tabla 59. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Mejoramiento – Riego Tecnificado (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Menor)	97
Tabla 60. Ejemplo de la identificación de los fines del proyecto de riego - Caso Creación	98
Tabla 61. Ejemplo de la identificación de los fines del proyecto de riego - Caso Mejoramiento	98
Tabla 62. Correspondencia de conceptos y términos	99
Tabla 63. Análisis de medios y acciones - IR Mejoramiento	102
Tabla 64. Análisis de las acciones - IR Mejoramiento	102
Tabla 65. Análisis de medios y acciones - IR Creación.....	103
Tabla 66. Análisis de acciones - IR Creación	104
Tabla 67. Identificación de acciones - RT Mejoramiento.....	106
Tabla 68. Análisis de acciones - RT Mejoramiento.....	106
Tabla 69. Sistema de Riego existente con déficit hídrico en época de estiaje.....	108
Tabla 70. Mejoramiento y ampliación del servicio de provisión de agua riego – construcción de reservorios en la C.C Vichon, sector La Rampa – Catac - Ancash.	108
Tabla 71. Mejoramiento del servicio de provisión de agua riego – Canal de conducción en la C.C Vichon, sector La Rampa – Catac - Ancash”	109
Tabla 72. Ejemplo de Horizonte de evaluación de los proyectos de riego sin estructura de regulación	112

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 73. Resumen de metodologías para la estimación de la demanda del servicio de agua para riego.....	114
Tabla 74. Cálculo de la demanda hídrica	121
Tabla 75. Cálculo de la Eficiencia de riego	126
Tabla 76. Demanda hídrica en la “situación con proyecto”	127
Tabla 77. Documentos de sustentación por naturaleza de intervención	128
Tabla 78. Balance hídrico S/C proyecto – Sistema de Riego	130
Tabla 79. Identificación de los factores condicionantes en un proyecto de mejoramiento de un canal de riego	137
Tabla 80. Identificación de los factores condicionantes de un proyecto de creación de un sistema de riego.....	137
Tabla 81. Análisis de opciones de tamaño de un proyecto de mejoramiento de un canal de riego	138
Tabla 82. Análisis de opciones de tamaño de un proyecto de Creación de un sistema de riego.....	139
Tabla 83. Identificación de los factores condicionantes en la localización de un proyecto de mejoramiento de un canal de riego	141
Tabla 84. Identificación de los factores condicionantes en la localización de un proyecto de Creación sistema de riego	141
Tabla 85. Análisis de opciones de Localización de un proyecto de Mejoramiento del canal del canal de riego	142
Tabla 86. Análisis de opciones de Localización de un proyecto de Creación sistema de riego.....	142
Tabla 87. Identificación de los factores condicionantes respecto a la tecnología de un proyecto de Mejoramiento del canal del Sistema de riego	144
Tabla 88. Identificación de los factores condicionantes respecto a la tecnología de un proyecto de Creación sistema de riego	144
Tabla 89. Análisis de opciones de Tecnología de un proyecto de Mejoramiento del Sistema de riego	146
Tabla 90. Análisis de opciones de Tecnología de un proyecto de Creación del Sistema de riego	146
Tabla 91. Análisis ambiental de un proyecto de riego de la naturaleza mejoramiento	147
Tabla 92. Análisis ambiental de un proyecto de riego de la naturaleza creación	148
Tabla 93. Opciones de tamaño según los factores condicionantes.....	150
Tabla 94. Opciones de localización según los factores condicionantes	150
Tabla 95. Opciones de tecnología según los factores condicionantes	150
Tabla 96. Síntesis del análisis técnico	151
Tabla 97. Caudales máximos para el prediseño – Canal telescópico	153

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 98. Caudales máximos para el prediseño - Canal por turnos.....	154
Tabla 99. Activos tangibles según procesos del servicio.....	161
Tabla 100. Plazos de las actividades sugerido para el plan de implementación.	164
Tabla 101. Responsables de las actividades para el plan de implementación.....	165
Tabla 102. Gestión Integral del Riesgo en un PI	170
Tabla 103. Estructura de costos de un proyecto – Modalidad presupuesto de ejecución Indirecta.....	172
Tabla 104. Precios unitarios por acción	175
Tabla 105. Detalle de estructuras de costos de inversión	175
Tabla 106. Recursos recomendados para los Costos de Operación y Mantenimiento –	180
Tabla 107. Costos de Operación con Proyecto	182
Tabla 108. Costos de Mantenimiento con Proyecto.....	182
Tabla 109. Costos de Operación y Mantenimiento Sin Proyecto.....	184
Tabla 110. Costos incrementales de Operación y Mantenimiento	185
Tabla 111. Identificación de los beneficios sociales para un proyecto de inversión de la tipología de Infraestructura de Rego y Riego Tecnificado.....	188
Tabla 112. Valor neto de la producción por cultivo por campaña en la situación con proyecto.....	189
Tabla 113. Estimación del VNP total por cultivo y campaña en la situación con proyecto.....	190
Tabla 114. Flujo de beneficios sociales en la situación con proyecto	190
Tabla 115. Flujo de beneficios sociales incrementales.....	191
Tabla 116. Beneficios Sociales.....	191
Tabla 117. Variables y consideraciones para la estimación de los beneficios sociales en un proyecto de mejoramiento.....	191
Tabla 118. Áreas de cultivos (ha)	192
Tabla 119. Rendimientos de cultivos (kg/ha) - Con proyecto	193
Tabla 120. Precios de mercado (S/.) – Con proyecto	195
Tabla 121. Valor bruto de la producción (S/.) - Con proyecto.....	196
Tabla 122. Costo unitario de producción (S/./ha) – Con Proyecto.....	196
Tabla 123. Costo Total de producción (S/.) – Con Proyecto	196
Tabla 124. Valor neto de la producción (S/.) - Con Proyecto	197
Tabla 125. Áreas de cultivo (ha) - Con proyecto.....	198
Tabla 126. Rendimientos de cultivos (kg/ha) – Sin Proyecto.....	198
Tabla 127. Precios de mercado (S/.) - Sin proyecto.....	198
Tabla 128. Valor Bruto de la Producción (S/.) – Sin Proyecto.....	199

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 129. Costo unitario de producción (S/./ha) - Sin proyecto.....	199
Tabla 130. Costo Total de la producción (S/.) - Con proyecto - Ejemplo 1.....	200
Tabla 131. Valor Neto de la Producción - Con proyecto	200
Tabla 132. Valor Actual neto de la Producción - Con proyecto.....	201
Tabla 133. Desagregado del costo de inversión del proyecto de inversión	203
Tabla 134. Estimación del costo social de la inversión.....	204
Tabla 135. Estimación de costos sociales de O&M en la situación con proyecto.....	205
Tabla 136. Flujo de costos a precios sociales con proyecto	205
Tabla 137. Flujo de costos a precios sociales incrementales.....	206
Tabla 138. Estructura del costo social incremental en un proyecto de tipología: Riego tecnificado	208
Tabla 139. Flujo de un Proyecto de Inversión	209
Tabla 140. Flujo de caja a precios sociales - Mejoramiento.....	211
Tabla 141. Análisis de sensibilidad	213
Tabla 142. Rango de variación del precio de los productos (S/.)	215
Tabla 143. Flujo de caja a precios privados - Creación	219
Tabla 144. Análisis de sostenibilidad	220
Tabla 145. Estimación de tarifa de equilibrio en un proyecto de inversión	221
Tabla 146. Matriz de Marco Lógico.....	222
Tabla 147. Resumen de objetivos de la Matriz de Marco Lógico.....	223
Tabla 148. Construcción de metas de cantidad, calidad y tiempo	224
Tabla 149. Definición de medios de verificación para la Matriz de Marco Lógico	224
Tabla 150. Definición de supuestos de la Matriz de Marco Lógico	225
Tabla 151. Matriz del Marco Lógico - Ejemplo 1	226
Tabla 152. Cálculo del ETc.....	246
Tabla 153. Recomendaciones para estimar la eficiencia de distribución en un sistema de riego.....	248
Tabla 154. Recomendaciones de eficiencia de aplicación	249
Tabla 155. Cédula de cultivo	250
Tabla 156. Horas de Luz por día expresadas como porcentaje del total anual ...	252
Tabla 157. Duración máxima diaria media de las horas de fuerte insolación N en diferentes meses y latitudes.....	252
Tabla 158. Evapotranspiración potencial Eto	253
Tabla 159. Factor de evapotranspiración potencial MF (mm/mes).....	254
Tabla 160. Duración de las etapas de crecimiento* del cultivo para distintos períodos de siembra y regiones climáticas (días).....	255

Tabla 161. Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo, Kc y alturas medias máximas de las plantas para cultivos no estresados y bien manejados en climas sub-húmedos (HR _{min} =45%, U ₂ =2 m/s) para usar en la fórmula de la FAO Penman Monteith ETo.....	260
Tabla 162. Principales fuentes de información para consultar en la formulación de proyectos de riego	274
Tabla 163. Principales cultivos y sus áreas en el sector de riego La Menta	278
Tabla 164. Matriz de identificación de peligros	280
Tabla 165. Matriz de identificación del nivel de peligros.....	282
Tabla 166. Determinación de la fragilidad total de cada elemento y de la UP	283
Tabla 167. Calculo para determinar el valor de resiliencia	284
Tabla 168. Calculo para determinar el nivel de vulnerabilidad.....	284
Tabla 169. Calculo para determinar el nivel de riesgo.....	284
Tabla 170. Daños y pérdidas a la Infraestructura Agrícola	285

Índice de recuadros

Recuadro 1: Diagnóstico del territorio Infraestructura de Riego.....	44
Recuadro 2: Diagnóstico del territorio Riego Tecnificado	46
Recuadro 3: Diagnóstico de la UP para proyectos de Infraestructura de Riego ..	69
Recuadro 4: Diagnóstico de la UP para proyectos de Riego Tecnificado.....	78
Recuadro 5: Análisis de las acciones Infraestructura de Riego.....	102
Recuadro 6: Caso 2.- Tipología Riego Tecnificado.....	106
Recuadro 7: Caso.- Duplicidad de proyectos de riegos.....	108
Recuadro 8: Caso.- Fraccionamiento de proyectos de riegos.....	109
Recuadro 9: Características de la demanda hídrica anual de una cédula de cultivos bajo riego – Sistema no Regulado en la Costa.....	117
Recuadro 10: Cálculo de la brecha oferta – Demanda: PI infraestructura de Riego - Mejoramiento	130
Recuadro 11: Costa - sistema de riego regulado.....	131
Recuadro 12: Esquemas hidráulicos típicos que se presentan en los proyectos de infraestructura de riego	152
Recuadro 13: Esquemas hidráulicos típicos que se presentan en los proyectos de la	156
Recuadro 14: Programación por Demanda – aleatorio.....	157
Recuadro 15: Dimensionamiento	158
Recuadro 16: Cálculo de beneficios sociales PI de Mejoramiento	191
Recuadro 17: Calculo de los costos sociales de la Tipología de proyecto: Riego Tecnificado.....	207

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión
de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Recuadro 18: Naturaleza de intervención: Mejoramiento, Tipología de proyecto: Infraestructura de riego.	211
Recuadro 19: Análisis de incertidumbre.....	215
Recuadro 20: Evaluación privada -Naturaleza de intervención: Creación, Tipología de proyecto: Infraestructura de riego.	219
Recuadro 21: Matriz de marco lógico - Naturaleza de proyecto: Mejoramiento	226

Lista de Acrónimos

AGRO RURAL	Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural
ANA	Autoridad Nacional del Agua
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
DGIAR	Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego
DGIRH	Dirección General de Infraestructura Hidráulica y Riego
DGPMI	Dirección General de Programación Multianual de Inversiones
FAO	Food and Agriculture Organization
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
OPMI	Oficina de Programación Multianual de Inversiones
PSI	Programa Subsectorial de Irrigaciones
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SNPMGI	Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones

Prólogo

El objetivo de la presente guía es orientar a las Unidades Formuladoras responsables del diseño de proyectos de las tipologías de infraestructura de riego y riego tecnificado, bajo el marco del SNPMGI¹, en la elaboración de los documentos técnicos, conforme a la clasificación del nivel de complejidad del proyecto de inversión, que sustentan la decisión de inversión en la fase de Formulación y Evaluación, de forma tal que satisfaga los requisitos para su declaración de viabilidad conforme al artículo 26º de la Directiva General del SNPMGI.

La guía se estructura en cuatro secciones: 1. **Aspectos generales:** Este módulo ofrece una introducción al documento técnico (ficha técnica o estudio de preinversión a nivel de perfil), abordando conceptos fundamentales para la correcta definición del proyecto, la comprensión de la institucionalidad del proyecto en el Ciclo del Inversión y la justificación de su pertinencia. Asimismo, se plantean consideraciones generales que todo PI de las tipologías de Riego y Riego Tecnificado deben seguir para respaldar la necesidad del proyecto, garantizando su alineación con los objetivos estratégicos y normativos; 2. **Identificación:** En este módulo se proporcionan lineamientos para identificar y definir el problema de acceso o la eficiencia en la provisión de agua para riego, estableciendo alternativas de solución adaptadas al contexto territorial específico; 3. **Formulación:** Se detalla el proceso de dimensionamiento del proyecto, analizando la brecha entre la oferta y la demanda de agua. Este módulo también define aspectos cruciales como la localización, el tamaño y la tecnología más adecuada para la infraestructura de riego., además de orientar sobre la estimación de costos; y 4. **Evaluación:** Establece criterios para la evaluación social del proyecto, con el fin de seleccionar la alternativa más eficiente, asegurando su sostenibilidad técnica y financiera a largo plazo. Además, se incorporan anexos que amplían y profundizan el contenido en áreas específicas, tales como los niveles de servicio y estándares de calidad.

Corresponde a las Unidades Formuladoras la aplicación de los módulos de la presente Guía metodológica ajustándolos a las características particulares del proyecto de inversión concreto, efectuando un balance razonable entre el esfuerzo técnico a aplicarse en la elaboración de Documento Técnico correspondiente y la precisión requerida para el alcance, costo y plazo determinados en la concepción técnica de la alternativa de solución recomendada en la fase de Formulación y Evaluación, en concordancia con el nivel de complejidad del proyecto de inversión.

¹ En el marco del artículo 5 del Decreto Legislativo N° 1553 Decreto Legislativo que establece medidas en materia de inversión pública y de contratación pública que coadyuvan al impulso de la reactivación económica, referido a Metodologías específicas aplicables a las inversiones en el marco del SNPMGI, se autoriza al MEF, a través de la DGPMI, a elaborar y aprobar metodologías específicas aplicables a las inversiones en el marco del SNPMGI, previo acuerdo con las Oficinas de Programación Multianual de Inversiones (OPMI) de los Sectores. Dicha autorización responde a la necesidad de modernizar y especializar los instrumentos metodológicos del SNPMGI para atender sectores estratégicos, por ello que, en coordinación con la OPMI del Sector Agricultura y Riego se elaboró la presente Guía que propone recoger y elaborar información específica para los proyectos de infraestructura de riego y riego tecnificado.

1. Aspectos Generales

Consideraciones Generales

- a. Para la tipología de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado los documentos técnicos de Formulación y Evaluación que deben aplicarse, según naturaleza del proyecto, así como el monto de inversión:

Tabla 1. Documento técnico de acuerdo con el monto de inversión y naturaleza de intervención

Tipología	Naturaleza	Monto	Documento Técnico
Infraestructura de Riego	Mejoramiento	De S/ 0 hasta S/ 9,951,000.00	Ficha Técnica Estándar aprobada por el sector
	Mejoramiento	Mayor a S/ 9,951,000.00	Perfil
	Creación Ampliación Recuperación	Cualquier monto	Perfil
Riego Tecnificado	Mejoramiento	De S/ 0 hasta S/ 4,012,500.00	Ficha Técnica Simplificada aprobada por el sector
	Mejoramiento	Mayor a S/ 4,012,500.00	Perfil

Elaboración propia.

- b. Un Proyecto de Inversión del servicio de provisión de agua para riego, de cualquier naturaleza de intervención, solo debe involucrar una Unidad Productora (UP)².
- c. Para intervenciones vinculadas con presas, embalses o represas, que corresponde a intervenciones de alta complejidad corresponde ser elaborada exclusivamente con un estudio a nivel de perfil.
- d. Cuando el PI incluya intervenciones sobre fuentes subterráneas, los pozos a intervenir deben contar con una licencia/acreditación de uso otorgada por la ANA, en donde se indique que estos son de uso común para una organización de usuarios³; en ese sentido, tener en cuenta las siguientes consideraciones:

² Cabe señalar, que en zona de sierra para una misma fuente de agua (rio, quebrada, riachuelo) pueden existir un conjunto de tomas directas, muy próximas entre si, que forman parte de un comité o comisión de regantes (además debe contar con el documento de acreditación o disponibilidad hídrica de la ANA), y que por la cercanía, características del relieve y topografía son tomas directas o captan agua para un reducido grupo de beneficiarios (tomas de caudales menores a 20 l/s aprox). En ese sentido, de acuerdo al análisis correspondiente se podría intervenir mediante un Proyecto de inversión.

³ El operador hidráulico es una organización debidamente reconocida por la ANA (artículo 23 de la Ley No 31801 - Ley que regula las organizaciones de usuarios de agua para el fortalecimiento de su participación

- ▲ En los PI de naturaleza de mejoramiento, el análisis de los pozos no debe realizarse de manera aislada, sino en el contexto de una UP existente. En ese sentido, si el mejoramiento del servicio de agua para riego contempla la utilización de fuentes de agua subterránea, se deberá sustentar la intervención a partir del análisis integral de la UP, incluyendo los balances hídricos correspondientes que garanticen la disponibilidad del recurso hídrico para atender la demanda de agua para riego. Siempre que se mantenga la misma licencia de derecho de uso, dicha intervención debe entenderse como parte del fortalecimiento de la infraestructura de captación de agua de una UP en funcionamiento, y no como la creación de una nueva UP.
- ▲ En el caso de PI de naturaleza de creación que contemplen el aprovechamiento de fuentes de agua subterránea, es necesario considerar estudios básicos como los hidrológicos, hidrogeológicos, entre otros, debido a la complejidad de este tipo de intervenciones⁴. Por ello, estas intervenciones deben ser formulados y evaluados mediante estudios a nivel de perfil. El objetivo es realizar un análisis integral que considere la viabilidad técnica, económica y ambiental del pozo, incluyendo la disponibilidad del recurso hídrico, los permisos necesarios y la sostenibilidad de su operación a lo largo del tiempo.
- e. Asimismo, cuando se considere como meta la intervención en pozos, es fundamental sustentar adecuadamente los costos de Operación y Mantenimiento (O&M), considerando que ciertas tecnologías pueden ser costosas para su funcionamiento (por ejemplo: alto costo en el suministro de energía). Además, debe incorporarse el análisis del financiamiento de dicho costo de O&M, junto con los documentos que evidencien la aceptación por parte del operador responsable. Esta información resulta clave para garantizar la viabilidad técnica y la sostenibilidad del servicio en el tiempo.
- f. Para proyectos de riego tecnificado, la ley de riego tecnificado no considera a los pozos como financiable como parte del sistema de riego⁵, este tipo de intervención se enfoca en los procesos de conducción, distribución y aplicación eficiente del agua. Por tanto, cualquier análisis relacionado con pozos debe tratarse de manera diferenciada y en el marco de un PI que permita evaluar su viabilidad de manera integral.
- g. Para proyectos de creación y mejoramiento, el órgano resolutorio debe contar con el documento que acredite la libre disponibilidad de los terrenos donde

en la gestión multisectorial de los recursos hídricos, como operador hidráulico de un sector hidráulico menor u operador hidráulico de un sector hidráulico de aguas subterráneas clase "A" (numeral 19.1 artículo 19 Clasificación de los sectores hidráulicos subterráneos del Reglamento de Operadores de Infraestructura Hidráulica), en concordancia con la normatividad vigente de Operadores de Infraestructura Hidráulica.

⁴ Ver Formatos anexos No 16 y 17 del "Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua", de la Autoridad Nacional del Agua.

⁵ Ver capítulo VI De los proyectos a ser financiados, de la Ley N° 28585 Ley que crea el Programa de Riego Tecnificado y su Reglamento.

se ejecutarán los activos de la infraestructura de riego, incluyendo, en caso corresponda, el área del espejo de agua para presas o embalses. Este documento debe ser incorporado en el registro del PI previo a su viabilidad.

- h. Para ambas tipologías, se requiere que las áreas a beneficiar deberán estar sustentadas con el respectivo PDU indicado los nombres de los usuarios y la cantidad de hectáreas, firmado por cada uno, lo cual se registrará en los aplicativos informáticos del SNPMGI previo a la viabilidad.

Nombre del proyecto

1.1 Definición del nombre del proyecto

Para definir el nombre de un Proyecto de Inversión, es necesario conocer los siguientes conceptos clave:

- Naturaleza de la intervención: ¿Qué se va a hacer?
- Objeto de la intervención: ¿Qué bien o servicio, o conjunto de servicios, será objeto de la intervención? ¿Y qué Unidad Productora (UP) brinda o brindará dicho servicio?
- Localización: ¿Dónde se llevará a cabo el proyecto?

La naturaleza de la intervención depende del objetivo que pretende lograr el proyecto. Esto quiere decir que se conocerá la naturaleza de la intervención cuando se hayan identificado el problema y sus causas.

Para proyectos de riego, se deberán considerar cuatro tipos de intervención.

- **Creación:** Intervención destinada a dotar de un servicio de provisión de agua para riego a un área con suelos aptos para el desarrollo agropecuario en zonas de producción bajo secano.
- **Mejoramiento:** Implica la prestación de servicios de mejor calidad a usuarios que ya disponen del servicio público. Este tipo de intervención se realiza sobre una Unidad Productora que brinda el servicio de provisión de agua para riego, con el objetivo de cumplir con el nivel de servicio y/o los estándares de calidad de los factores de producción establecidos por el Sector Agricultura y Riego.
- **Ampliación:** Intervención dirigida a incrementar la capacidad de una Unidad Productora para ofrecer el servicio de provisión de agua para riego ampliando la cobertura del servicio público sobre nuevas áreas para riego.
- **Recuperación:** Intervención destinada a la recuperación de la capacidad de prestación del servicio de provisión de agua para riego en una Unidad Productora existente, cuyos factores de producción (infraestructura, equipos, etc.) han colapsado o han sido dañados o destruidos. Esta intervención puede implicar la restauración de la misma cobertura, la ampliación de la cobertura o una mejora en la calidad del servicio, lo que podría incluir cambios en la capacidad de producción o en la calidad del servicio público.

A continuación, se detallan las naturalezas de la intervención según la tipología de inversión:

Tabla 2. Naturaleza de intervención según tipología de proyecto

Naturaleza de la intervención	Tipología de proyecto
• Creación • Ampliación • Mejoramiento • Recuperación	• Infraestructura de riego
• Mejoramiento	• Riego tecnificado

Elaboración propia

En cuanto al objeto de la intervención, se debe indicar el “Servicio de Provisión de Agua para Riego” que se brindará a través de la Unidad Productora⁶ que actualmente proporciona el servicio, o la que se creará con el PI. En la tipología de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado, el nombre de la UP es “Sistema de Riego”.

La localización hace referencia al área específica donde se llevará a cabo el proyecto. Generalmente, se indica el nombre del centro poblado, el distrito, la provincia y el departamento. En algunos casos, puede ser necesario incluir más de un centro poblado o un ámbito territorial más amplio.

Para poder definir adecuadamente el nombre del proyecto, a continuación, se presentan algunos criterios que deben tenerse en cuenta, según la tipología de la inversión (Infraestructura de riego y Riego Tecnificado).

a) Para proyectos de la tipología de Infraestructura de Riego

Tabla 3. Criterios de selección para la naturaleza de intervención para la tipología de Infraestructura de Riego

Naturaleza de intervención	Situación actual del área de intervención del proyecto	Indicador de brechas de acceso a servicios
Creación.	▪ Áreas con agricultura de secano. ▪ Áreas potenciales para la agricultura sin uso.	▪ Porcentaje de superficie agrícola sin riego.

⁶ Se deberá de indicar el nombre de la Unidad Productora que brindará el servicio.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Naturaleza de intervención	Situación actual del área de intervención del proyecto	Indicador de brechas de acceso a servicios
Mejoramiento y ampliación.	- Áreas con agricultura bajo riego y áreas con agricultura de secano. - Áreas con agricultura bajo riego y áreas con potencial agrícola sin uso.	- Porcentaje de superficie agrícola sin riego⁷. - Porcentaje de sistemas de riego que operan en condiciones inadecuadas.
Mejoramiento.	Áreas con agricultura bajo riego	Porcentaje de sistemas de riego que operan en condiciones inadecuadas.
Recuperación.	Estrés hídrico en áreas en producción debido a la interrupción o colapso del servicio de provisión de agua para riego, lo que requiere restablecer la operatividad del sistema para garantizar el suministro adecuado y evitar pérdidas productivas	Porcentaje de sistemas de riego que operan en condiciones inadecuadas.

Elaboración propia

b) Para proyectos de la tipología de Riego Tecnificado

Tabla 4. Criterios de selección para la naturaleza de intervención para la tipología de Riego Tecnificado

Naturaleza de intervención vinculada a la Tipología	Situación actual del área de intervención del proyecto	Indicador de brechas de acceso a servicios
Mejoramiento	Áreas con agricultura bajo riego	Porcentaje de superficie agrícola sin riego tecnificado.

Elaboración propia

A continuación, se presentan algunos ejemplos de la construcción del nombre del Proyecto de Inversión:

⁷ Es importante señalar que la contribución del proyecto a este indicador de brecha se contabiliza únicamente sobre las áreas nuevas que serán implementadas como parte de la ampliación de este.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión
de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 5. Ejemplo de denominación de los proyectos de inversión de riego

Naturaleza de intervención	Objeto de la Intervención		Localización	Denominación
	Servicio	Unidad Productora		
Creación	Servicio de Provisión de agua para riego	Sistema de Riego canal Madre	Santa Rita de Sigwas, distrito. Santa Rita de Sigwas, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.	Creación del Servicio de Provisión de agua para riego del Sistema de Riego canal Madre Santa Rita de Sigwas, distrito. Santa Rita de Sigwas, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.
Mejoramiento	Servicio de Provisión de agua para riego	Sistema de Riego	Sector de riego comité 11, canal lateral 18, distrito de Cabanilla, provincia de Lampa, departamento de Puno.	Mejoramiento del servicio de provisión de agua para riego del Sistema de Riego sector de riego comité 11, canal lateral 18, distrito de Cabanilla, provincia de Lampa, departamento de Puno.
Mejoramiento y Ampliación	Servicio de Provisión de agua para riego	Sistema de Riego	Irrigación Huantuc – Chuquis – Huancan, distrito de Chuquis, provincia de Dos de Mayo, departamento de Huánuco.	Ampliación del Servicio de Provisión de agua para riego del Sistema de Riego Irrigación Huantuc – Chuquis – Huancan, distrito de Chuquis, provincia de Dos de Mayo, departamento de Huánuco
Recuperación	Servicio de Provisión de agua para riego	Sistema de Riego	Sector Gorgorillo y Tauripón, en el distrito La Primavera, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash.	Recuperación del Servicio de Provisión de agua para riego del Sistema de Riego Sector Gorgorillo y Tauripón, en el distrito La Primavera, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash.
Mejoramiento	Servicio de Provisión de agua para riego	Sistema de Riego parcelario	Sector La Muralla, distrito de Huancano, provincia de Pisco, departamento de Ica.	Mejoramiento del Servicio de Provisión de agua para riego del Sistema de Riego parcelario en el Sector La Muralla, distrito de Huancano, provincia de Pisco, departamento de Ica.

Elaboración propia

1.2 Localización del proyecto

La localización del proyecto hace referencia al área específica en la que se llevará a cabo el proyecto. Generalmente, se incluye el nombre del centro poblado, así como el distrito, provincia y departamento correspondientes. En ciertos casos, puede ser necesario incluir más de un centro poblado o extenderse a un ámbito territorial más amplio⁸.

A continuación, se consignan los criterios de localización para un Proyecto de Inversión según la tipología, es decir, Infraestructura de riego y Riego Tecnificado.

a) Para proyectos de la tipología de Infraestructura de Riego

Tabla 6. Criterios para la localización de un proyecto de Infraestructura de Riego

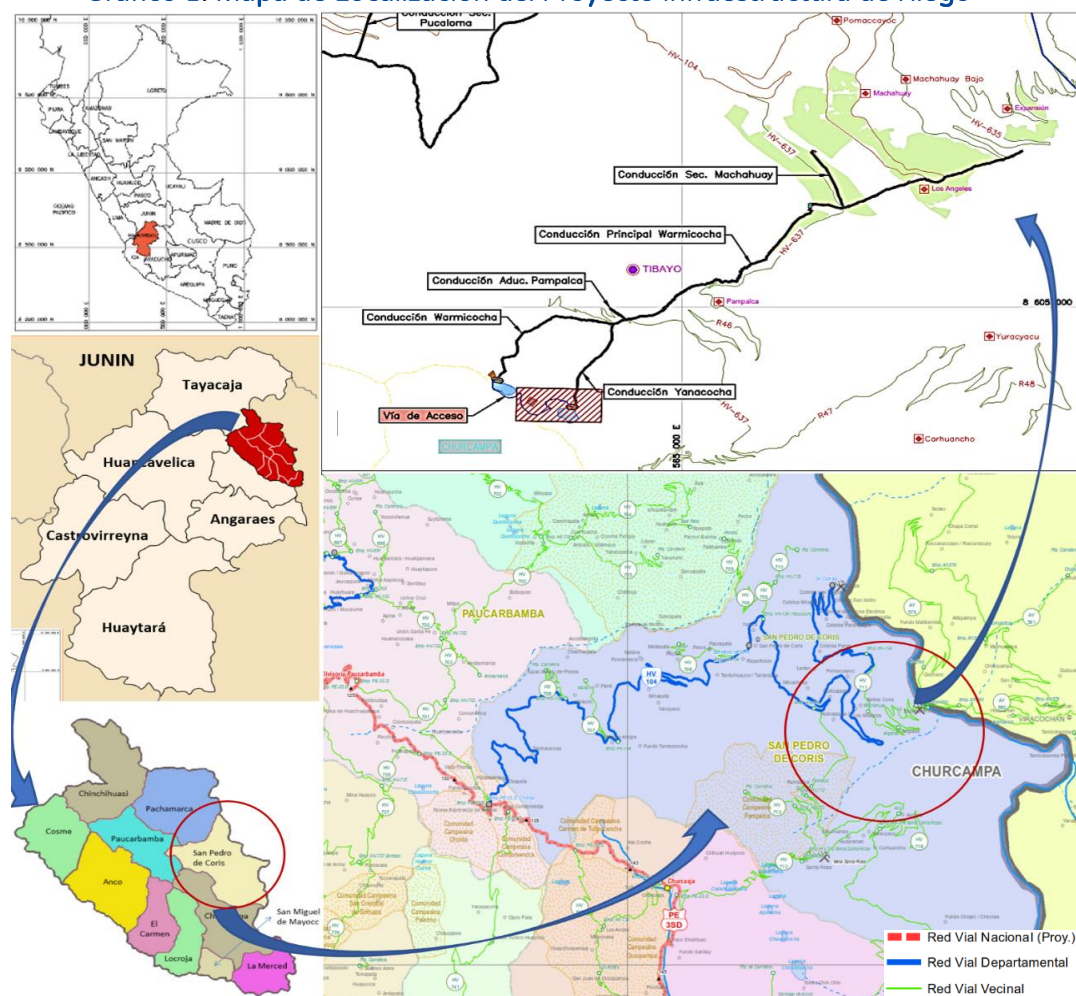
Tipo	Esquema a incluir	Vías de comunicación	Características principales
Infraestructura hidráulica mayor	▪ Mapa Nacional ▪ Mapa Departam. ▪ Mapa Provincial ▪ Mapa Local	▪ Vías de primer orden y ciudad/es cercanas. ▪ Vías principales hacia Centros poblados de provincias y distritos. ▪ Vías a zona de intervención	Ríos, y otras características naturales que ayuden a la localización.
Infraestructura hidráulica menor	▪ Mapa Departam. ▪ Mapa Provincial ▪ Mapa Local	▪ Vías principales hacia Centros poblados de provincias y distritos. ▪ Vías a zona de intervención	Ríos, y otras características naturales que ayuden a la localización.
Infraestructura hidráulica menor, baja complejidad	▪ Mapa Provincial ▪ Mapa Local	▪ Vías principales hacia Centro poblado de la localidad. ▪ Vías a zona de intervención	Quebradas, y otras características naturales que ayuden a la localización.

Elaboración propia

⁸ En caso de que la infraestructura hidráulica a desarrollarse en un proyecto de inversión, cualquiera sea su naturaleza de intervención, atraviese más de un distrito, provincia y/o región, se deberá tomar en cuenta para su ejecución, lo estipulado en el numeral 7 Autoridades competentes del “Lineamiento para establecer las competencias a nivel nacional, regional y local de las inversiones en infraestructura hidráulica de riego y drenaje”, aprobado con Resolución Ministerial N° 0122-2020-MINAGRI.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Gráfico 1. Mapa de Localización del Proyecto Infraestructura de Riego



Elaboración propia

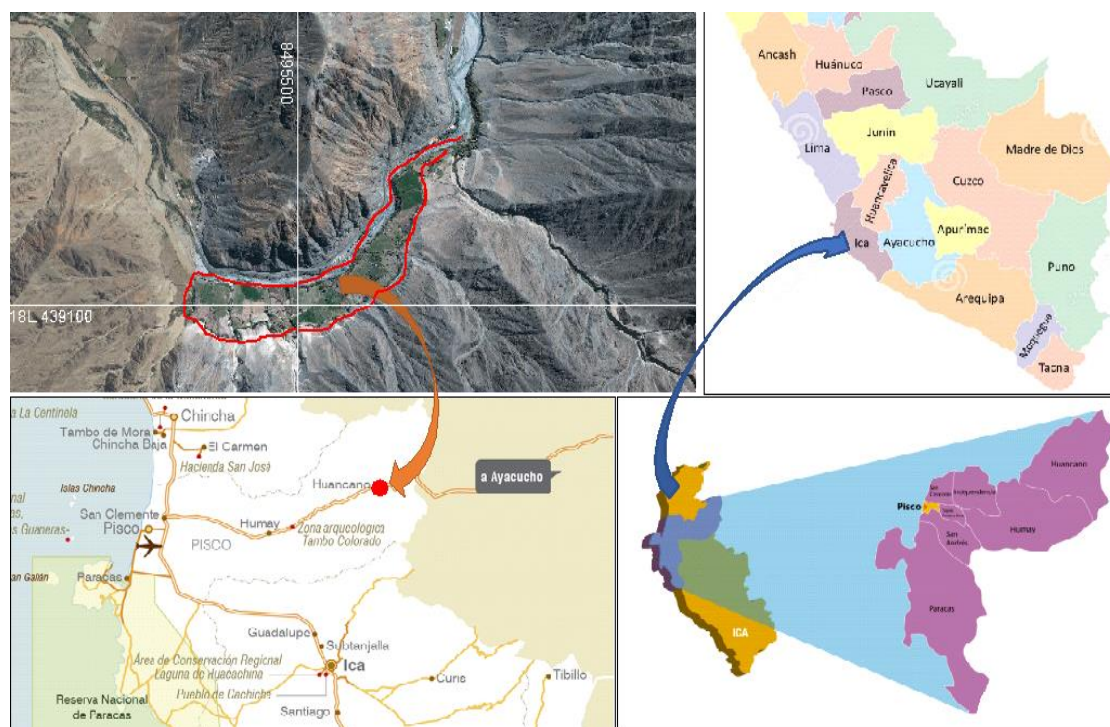
b) Para proyectos de la tipología de Riego Tecnificado

Tabla 7. Criterios para la localización de un proyecto de Riego Tecnificado

Nivel de complejidad	Esquema a incluir	Vías de comunicación	Características principales.
Infraestructura hidráulica menor	- Mapa Provincial - Mapa Local - Mapa área de intervención	- Vías principales hacia Centros poblados de provincias y distritos. - Vías a zona de intervención	Ríos, y otras características naturales que ayuden a la localización.

Elaboración propia

Gráfico 2. Mapa de Localización de la Tipología Riego Tecnificado



Elaboración propia

Institucionalidad

En todo el proyecto de riego, se deben identificar los órganos e instituciones involucrados en cada fase del ciclo del proyecto.

1.3 La Oficina de Programación Multianual de Inversiones (OPMI):

La OPMI es el órgano técnico responsable de la fase de programación multianual del ciclo de inversión, en el ámbito de la responsabilidad funcional. Su principal objetivo es integrar el planeamiento estratégico con el proceso presupuestario mediante el Programa Multianual de Inversiones. Definir la OPMI dependerá del nivel de Gobierno.

Tabla 8: Ejemplo de OPMI de nivel de Gobierno Nacional

Nivel de gobierno	GOBIERNO NACIONAL
Sector	AGRICULTURA Y RIEGO
Entidad	MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO - MIDAGRI
Nombre de la OPMI	OPMI DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA - MINAGRI
Responsable de la OPMI	

Elaboración propia

1.4 La Unidad Formuladora (UF)

La Unidad Formuladora puede pertenecer a cualquiera de los tres niveles de Gobierno: Nacional, Regional y Local⁹; según la competencia y complejidad del proyecto.

Tabla 9: Ejemplo de UF de nivel de Gobierno Nacional

Nivel de gobierno	GOBIERNO NACIONAL
Sector	AGRICULTURA Y RIEGO
Entidad	MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO - MIDAGRI
Nombre de la UF	PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES - PSI
Responsable de la UF	

Elaboración propia

1.5 La Unidad Ejecutora de Inversión (UEI)

Se debe proponer una UEI que esté registrada en la Dirección General de Presupuesto Público, acreditando su competencia funcional y capacidad operativa.

Tabla 10. Ejemplo de UEI de nivel de Gobierno Nacional

Nivel de gobierno	GOBIERNO NACIONAL
Sector	AGRICULTURA Y RIEGO
Entidad	MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO - MIDAGRI
Nombre de la UEI	UEI PROGRAMA SUSECTORIAL DE IRRIGACIONES
Responsable de la UEI	

Elaboración propia

La Unidad Ejecutora de Inversión debe asignar al área técnica la responsabilidad de liderar y coordinar el desarrollo de los aspectos técnicos durante la fase de ejecución. Es recomendable que este Órgano Técnico cuente con experiencia comprobada en la ejecución de proyectos de riego y, de ser necesario, disponga de un equipo de especialistas con experiencia en riego, sustentando adecuadamente su designación.

1.6 El Operador

El operador es la entidad pública o privada responsable de la prestación del servicio de suministro de agua, para cuyo efecto tiene a su cargo la operación, mantenimiento y desarrollo de la infraestructura hidráulica dentro de un sector hidráulico.

⁹ En el caso de los gobiernos locales, cuando no tiene una UF, la elaboración de los estudios de preinversión de un PI puede ser delegada a otra entidad distinta, previo convenio.

Asimismo, el operador de un sistema de riego es considerado un operador hidráulico, conforme a lo establecido en la normatividad vigente. En ese contexto, el Reglamento de Operadores Hidráulicos, en su artículo 3, referente al Operador de Infraestructura Hidráulica, indica lo siguiente:

(...)

“3.1 El Operador de Infraestructura Hidráulica es la entidad pública y privada que presta el servicio de suministro de agua o el servicio de monitoreo y gestión de aguas subterráneas para cuyo efecto tiene a su cargo la operación, mantenimiento y desarrollo de la infraestructura hidráulica ubicada en un sector hidráulico. El Operador de Infraestructura Hidráulica implementa acciones que permita el control técnico-administrativo de las actividades que desarrollan para atender oportunamente las solicitudes y reclamos que presentan los usuarios del servicio.

3.2 El gobierno nacional o los gobiernos regionales, a través de los proyectos especiales, ejercen el rol de operador de infraestructura hidráulica mayor.

3.3 Las Juntas de Usuarios ejercen el rol de operador de infraestructura hidráulica menor, bajo las condiciones que establezcan la Autoridad Nacional del Agua.”

(...)

En cuanto a la formalización de la operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica, el artículo 222° Formalización de la operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica, del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, indica lo siguiente:

“A fin que las Juntas de Usuarios ejerzan las funciones de operación y mantenimiento de infraestructura hidráulica, la Autoridad Nacional del Agua formalizará la utilización de dicha infraestructura para la prestación del servicio de suministro de agua a cargo de las citadas organizaciones de usuarios de agua”.

En ese sentido, el operador de una Unidad Productora del Servicio de Provisión de Agua para Riego, según la normativa vigente, corresponde a las Juntas de Usuarios (infraestructura hidráulica menor) y a los Proyectos Especiales (infraestructura hidráulica mayor), siempre que cuenten con el título habilitante otorgado por la Autoridad Nacional del Agua. Es importante señalar que los gobiernos locales no están facultados para asumir las labores de operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica.

Tabla 11. Ejemplos del Operador del servicio de provisión de agua para riego

Operador ¹⁰	Tipo de infraestructura
Gobierno Nacional o Gobierno Regional	▪ Infraestructura Hidráulica Mayor. ▪ Infraestructura hidráulica de Aguas Subterráneas.
Juntas de Usuarios Comisiones de Usuarios Comités de Usuarios	▪ Infraestructura Hidráulica Menor. ▪ Infraestructura hidráulica de Aguas Subterráneas.
Usuario de riego ¹¹	▪ Infraestructura individual en riego parcelario.

Elaboración propia

¹⁰ Fuente: Reglamento de Operadores de Infraestructura Hidráulica

¹¹ Para el caso de la tipología: Riego Tecnificado

Es importante señalar que la responsabilidad de la Operación y Mantenimiento (O&M) de la infraestructura hidráulica recae, por lo general, en la Unidad Ejecutora Presupuestal (UEP). Por ejemplo, en las infraestructuras hidráulicas mayores, el operador es frecuentemente el gobierno nacional o regional, a través de proyectos especiales, donde la función del operador hidráulico coincide con la de una UEP. Sin embargo, existen otros casos, como los de Juntas de Usuarios (JU) o Comités de Usuarios, que son entidades privadas, en los cuales esta responsabilidad no corresponde a una UEP.

1.7 Marco de referencia

En el presente apartado, se describirá el contexto en el que se desarrollará el proyecto de infraestructura de riego. Para ello, se debe:

- **Resumir los antecedentes del proyecto:** Explicar el origen de la idea de ejecutar el proyecto, los intentos previos para resolver el problema de abastecimiento de agua para riego y proporcionar un recuento cronológico de los principales hitos históricos relacionados con la infraestructura existente (si ya existe un sistema de riego) o cómo la población beneficiaria ha accedido al agua de riego hasta la fecha.
- **Justificar la pertinencia del proyecto:** Demostrar que la propuesta de proyecto es coherente con los lineamientos de políticas públicas, los instrumentos de gestión de la entidad y las normativas técnicas pertinentes. Además, debe evidenciarse que la solución planteada aborda de manera eficiente y efectiva el problema identificado, cuya resolución es competencia del Estado.

▲ Antecedentes e hitos relevantes del proyecto

Tratándose de un Proyecto de Riego, es recomendable describir de manera general los aspectos señalados en el siguiente ejemplo.

Tabla 12. Antecedentes e hitos relevantes de un proyecto para ambas tipologías

Criterios	Tipología: Infraestructura de Riego		Tipología: Riego Tecnificado
	Mejoramiento	Creación	Mejoramiento
1. El estado actual de la infraestructura hidráulica	El canal madre tiene 30 años de antigüedad, una longitud de 25 km y en el tramo crítico tiene una pérdida de 917.7 l/m ² /día; mayor que el recomendado como permisible o aceptable que oscila entre (20–50) ¹² l/m ² /día.	La población actual se dedica a la agricultura de secano, aprovechan la estación de lluvias entre los meses de octubre a marzo para producir una sola campaña al año. Por lo tanto, no existe infraestructura hidráulica de riego en la zona de intervención.	El canal de distribución está cubierto por plástico por el tipo de suelo franco – arcilla - arenoso, se estima una eficiencia de distribución 80%; y el riego que se aplica es superficial por surco, cuya eficiencia de aplicación se estima menor al 50%,
2. Es importante indicar el nivel de organización de los usuarios.	• Junta de usuarios, formalizada y bien organizada en su distribución y aplicación del agua para riego. • Tienen una recaudación del 78% por tarifa de agua. • Manejan un Plan de Gestión de distribución de riego por TURNOS con un cronograma de caudales.	Existe organización comunal y organización por sectores con fines de realizar trabajos comunitarios de accesos, faenas en sus chacras y otras actividades productivas. Pero aún no existe una organización de riego.	Existe el Comité de Usuarios de riego donde se ha conformado el Grupo de Gestión de riego presurizado La Muralla, cuyo nivel de participación ha sido el 100% para el cambio de innovación tecnológica. La recaudación actual por tarifa de agua es de 85%.
3. Señalar si existe déficit hídrico en ciertas épocas del año	Para el caso de los usuarios de Santa Rita de Sigüas, el déficit hídrico lo tienen entre los meses de abril a noviembre.	La agricultura de secano se caracteriza por tener fuerte estrés hídrico, a causa del déficit hídrico producto de los veranillos (lluvias esporádicas durante la estación húmeda), cuyo efecto es la disminución de la producción agrícola.	Se presenta déficit hídrico entre los meses de abril a octubre, debido que el caudal del río disminuye considerablemente.
4. Reciben asistencia técnica o algún tipo de capacitación en riego.	En los últimos años han recibido asistencia técnica del Programa Sub sectorial de Irrigaciones.	Los agricultores no han recibido asistencia técnica ni capacitaciones en tecnología del riego.	No han recibido asistencia en tecnificación del riego. Sin embargo, algunos usuarios se han instalado mangueras hacia su parcela de manera artesanal.

Elaboración propia

¹² Fuente: Canales Hidráulicos/José Liria Montañés

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

▲ Compatibilidad del proyecto con lineamientos y planes

Para las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado, se aplican las siguientes normas, así como otros lineamientos y planes de riego vigentes.

Tabla 13. Lineamientos a tener en cuenta para proyectos de riego

Criterios	Lineamientos
1. Revisar las normas y políticas.	▪ Ley N°29338, Ley de Recursos Hídricos y su reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG. ▪ Resolución Ministerial N°0122-2020-MIDAGRI, que aprueba los “Lineamientos para establecer las competencias a nivel nacional, regional y local de las inversiones en infraestructura hidráulica de riego y drenaje” ▪ Resolución Ministerial N°0507-2015-MINAGRI, Aprueban Lineamientos de Política y Estrategia Nacional de Riego 2015-2025. ▪ Reglamento de Operadores de Infraestructura hidráulica, aprobado con Resolución Jefatural N°0155-2022-ANA. ▪ EIA (niveles de aprobación y obtención de la certificación), según los impactos y complejidad de intervención. ▪ Certificación de Inexistencia de Restos Arqueológicos.
2. Pertinencia del proyecto	▪ La Entidad, tiene la competencia de formularlo y ejecutarlo de acuerdo a las competencias del MIDAGRI. ▪ Los diseños técnicos y operatividad de la infraestructura hidráulica se enmarcan dentro de la tipología del proyecto Infraestructura de Riego. ▪ Los diseños técnicos y operatividad de la infraestructura hidráulica se enmarcan dentro de la tipología del proyecto Riego Tecnificado.

Elaboración propia

2. CAPÍTULO I: Módulo de Identificación

El objetivo del Módulo de Identificación es desarrollar un diagnóstico preciso que comprenda:

- ▲ Un análisis detallado del territorio en la zona de intervención del PI.
- ▲ La caracterización de la población afectada por el problema a resolver.
- ▲ La evaluación de la Unidad Productora que brinda o brindará el servicio.
- ▲ La identificación de otros agentes vinculados al PI dentro de la tipología de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado.

Además, se identifica el problema central que impacta a la población, justificando así la necesidad de implementar el PI. Para ello, se analizan sus causas y efectos, y se establece el objetivo central del PI, junto con los medios y fines esenciales para alcanzarlo. Este proceso culmina en la formulación de una alternativa de solución que aborde el problema central identificado, cumpliendo así con el objetivo central del PI.

El objetivo del módulo de identificación es diseñar alternativas de solución para abordar el problema que afecta a la población. Para ello, es esencial comprender a profundidad la problemática, así como establecer con claridad los objetivos que se desean alcanzar con la implementación del proyecto.

Un primer paso clave en el presente módulo es el análisis del área de estudio y del área de influencia, las cuales serán objeto de análisis y posible intervención. Además, es fundamental identificar a la población afectada, comprendiendo sus características y perspectivas respecto al problema en cuestión. Un aspecto clave en este análisis es la identificación de la Unidad Productora (UP), que puede ser una entidad ya existente que brinda un servicio o una que se pretende crear como parte del proyecto. Se deben evaluar sus procesos y factores de producción, estimar su oferta actual (en caso de que ya exista) y proyectar una oferta optimizada. Asimismo, es importante considerar a todos los actores involucrados en el PI, ya que su participación es vital para garantizar acuerdos y asegurar el correcto funcionamiento de la inversión.

Este módulo comprende tres pasos fundamentales:

- La identificación del problema principal, determinando su magnitud e impacto en la población, y el cual, a su vez, comprende el segundo paso.
- Elaboración del árbol de problemas, en el que se identifican las causas y efectos del problema.
- Definición del árbol de objetivos, estableciendo los medios y fines para alcanzar la solución y, el cual comprende el tercer paso.

A partir de estos análisis, se plantean las alternativas de solución que permitirán abordar el problema central identificado y cumplir con los objetivos planteados.

Diagnóstico

a) ¿Qué se entiende por diagnóstico?

El diagnóstico tiene como objetivo identificar las demandas o necesidades insatisfechas de un territorio, población o comunidad, proporcionando una visión clara sobre la naturaleza y magnitud actual de los problemas a resolver. Además, permite anticipar su posible evolución y relevancia en el futuro si no se implementan medidas oportunas. El diagnóstico debe incluir un análisis exhaustivo de las variables que aportan información relevante tanto sobre el problema como sobre el contexto en el que se desarrolla. Esto permitirá comprender su origen, gravedad y dimensiones, facilitando una toma de decisiones fundamentada para su resolución.

El diagnóstico deberá de cumplir tres funciones: Función descriptiva, Función explicativa y Función prospectiva. En este documento las denominaremos enfoques.

- ▲ **Función descriptiva:** Proporciona información sobre las variables clave que originan la problemática en torno a la disponibilidad y gestión del agua en un área agrícola específica. Este enfoque permite conocer las condiciones actuales, los patrones de uso del agua, las prácticas agrícolas predominantes y las características de la infraestructura de riego existente. Además, ofrece evidencia sobre las brechas en la infraestructura de riego, en términos de cobertura, capacidad, y calidad del servicio de distribución de agua. Además, facilita la formulación de preguntas más relevantes sobre las causas que explican la escasez o ineficiencia en el suministro de agua.
- ▲ **Función explicativa:** Una vez identificados los problemas en el sistema de riego, este enfoque identifica y analiza el comportamiento de las variables que los caracterizan. Busca responder el por qué y el cómo de la problemática explorando sus causas estructurales, como infraestructura deficiente, sobreexplotación de fuentes hídricas o falta de mantenimiento. Asimismo, examina las consecuencias de estos problemas en la productividad agrícola y el bienestar de las comunidades.
- ▲ **Función prospectiva:** Este enfoque se centra en determinar el comportamiento futuro de las variables que influyen en la problemática del riego. A partir de las tendencias actuales, como el crecimiento de la demanda de agua, el impacto del cambio climático o el deterioro progresivo de la infraestructura, se proyectan posibles escenarios. Esto permite prever las consecuencias para las áreas agrícolas y la población beneficiaria en caso de no implementarse intervenciones que mejoren el sistema de riego.

De manera resumida y a modo de ejemplo, considerando un determinado Proyecto de riego, se presenta el siguiente análisis:

- **Función descriptiva:**

En esta etapa, el diagnóstico recopila información clave sobre la situación actual del sistema de riego en la zona de influencia del proyecto:

- **Variables observadas:** Se evalúan las características del sistema de agua para riego existente, como la cobertura actual del servicio de riego, el estado físico de los canales, reservorios y bocatomas. Se identifican defectos en la capacidad de conducción, las áreas irrigadas y distribución.
- **Resultados:** Se ha identificado que, de las 144,000 hectáreas proyectadas para riego, actualmente solo 80,000 se encuentran efectivamente irrigadas, debido principalmente al deterioro de canales y la falta de infraestructura en la tercera etapa del proyecto. No obstante, incluso en las áreas donde el riego está en funcionamiento, se presentan rendimientos agrícolas por debajo del promedio regional, como resultado del estrés hídrico que afecta a los cultivos. En algunos casos, aunque se mantiene la superficie cultivada, los bajos niveles de disponibilidad de agua impactan negativamente en la productividad, afectando principalmente a los pequeños agricultores, quienes enfrentan mayores limitaciones para acceder al recurso hídrico frente a los grandes cultivos comerciales.
- **Función explicativa:**
Una vez documentada la situación actual, se analizan las causas del problema y sus impactos:
 - **Variables explicadas:** Se analizan los factores que explican la falta de cobertura y eficiencia. Por ejemplo:
 - **Infraestructura incompleta:** El sistema de infraestructura hidráulica no cuenta con todos sus activos para su óptimo funcionamiento, dejando amplias zonas agrícolas sin acceso al riego.
 - **Gestión inadecuada:** La ausencia de un plan eficiente de distribución del agua genera pérdidas en la conducción y conflictos entre usuarios aguas arriba y aguas abajo.
 - **Impacto identificado:** Esta situación afecta la competitividad agrícola, incrementa la demanda insatisfecha y agrava los conflictos sociales por el acceso al agua.
- **Función prospectiva:**
Finalmente, se proyectan los posibles escenarios futuros si no se implementa una intervención:
 - **Tendencias analizadas:**
 - Aumento de la demanda hídrica debido a la expansión agrícola en la costa norte.
 - Impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua superficial y el incremento de la dependencia de fuentes subterráneas.
 - Deterioro progresivo de la infraestructura existente por falta de mantenimiento adecuado.

▪ **Escenarios futuros:**

- Si no se concluye la tercera etapa, la productividad agrícola seguirá estancada, afectando el desarrollo económico de la región.
- La falta de inversión en mantenimiento incrementará las pérdidas de agua y reducirá la capacidad efectiva del sistema en un 20% en los próximos 10 años.
- Los conflictos sociales podrían intensificarse al no atender la demanda de pequeños agricultores.

b) ¿Cómo se estructura el diagnóstico?

A partir de la definición anterior, el diagnóstico de la situación actual se estructura en cuatro (4) ejes:

1. **Territorio:** Se debe describir y analizar el ámbito geográfico en el que se ubica la población afectada y la Unidad Productora (UP) entendida como el conjunto de infraestructuras hidráulicas que permiten la captación, conducción, almacenamiento y distribución del agua para riego, vinculadas con la situación negativa. Como parte del Análisis de Riesgo en un Contexto de Cambio Climático (AdR-CCC), incluye el análisis de peligros (sequías, deslizamientos, inundaciones) que pueden afectar la infraestructura o el recurso hídrico, así como el análisis de localizaciones potenciales para la creación de una UP, considerando criterios técnicos, ambientales y sociales.
2. **Población afectada:** Se debe identificar, describir y analizar las características y el comportamiento de la población usuaria, según el padrón de usuarios de riego, que enfrenta una situación negativa dentro de un territorio determinado, ya sea por escasez, inadecuada disponibilidad o distribución del recurso hídrico para sus actividades agrícolas. El análisis debe considerar aspectos productivos, socioeconómicos y organizacionales vinculados al uso del agua para riego.
3. **Unidad Productora:** Se debe describir y analizar las características técnicas, capacidad, estado situacional y estructura organizacional de la Unidad Productora (UP), entendida como el sistema de infraestructura de riego que brinda el servicio de provisión de agua a la población usuaria. También se debe incluir el análisis del AdR-CCC que afecta a la UP. Cuando no existe una UP, se analiza la forma en que la población afectada intenta resolver la situación negativa actual mediante prácticas alternativas de abastecimiento de agua (por ejemplo, captación directa del río, riego informal, pozos artesanales, etc.).
4. **Otros agentes involucrados:** Se debe describir y analizar las relaciones de cooperación y oposición respecto a la situación negativa y las formas de solucionarlo, de los actores institucionales, grupos sociales y organizaciones (diferentes de la población afectada), que están vinculados a la problemática del acceso al agua para riego o a las posibles alternativas de solución. Ello se desarrollará en una matriz de involucrados, incluyendo a organismos como ANA, gobiernos locales, comités de usuarios vecinos, programas sectoriales, entre otros.

c) ¿Qué fuentes de información requiere el diagnóstico?

Para elaborar el diagnóstico, se requiere recopilar información diversa, la cual se clasifica en dos categorías: Información de fuente secundaria e información de fuente primaria (mayor detalle se consignan en el Anexo VI. Fuentes de información a consultar para realizar el diagnóstico).

Tabla 14. Fuentes de información a recopilar para el diagnóstico

Fuente secundaria	Fuente primaria
- Fuentes oficiales disponibles como Censos Poblacionales y de Vivienda, Encuesta Nacional de Hogares (ENAH), Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO), estudios específicos realizados por el INEI, entre otros. - Información geográfica y climática del SENAMHI, Inventario Vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) - Reportes sobre brechas de infraestructura y/o acceso a servicios, sobre consumo promedio de bienes y servicios sectoriales, entre otras estadísticas. - Mapas de peligros existentes de la zona donde se desarrolla o proyectará el proyecto. - Plan Nacional y del MIDAGRI, Plan de Desarrollo Concertado Regional y Local. -Entre otra normativa nacional del MIDAGRI.	- Encuestas, entrevistas, talleres, grupos focales, conteo de viviendas, entre otros. - Material fotográfico con imágenes que evidencian la situación actual de servicio o factores productivos usados en su provisión (por ejemplo, congestión del servicio de transporte, infraestructura dañada, equipo existente deteriorado, mobiliario deficiente, entre otros) deben estar acompañadas de una leyenda. - Evaluación de campo de la UP (Inventario y evaluación de la infraestructura hidráulica existente, Evaluación de la disponibilidad hídrica, Evaluación de la Gestión de distribución del RRHH y organización de usuarios) - Estudios básicos (Hidrología, Geología, Geotécnica, Hidrogeología, Agrología, Riesgos, Ambiental, Socioeconómico) - Plan de Operación y Mantenimiento.

Elaboración propia

Asimismo, la información recopilada previamente puede clasificarse en dos categorías según su naturaleza:

- Información cuantitativa:** Se refiere a datos numéricos obtenidos de fuente oficiales como censos de población y vivienda, el CENAGRO y la ENA). Estos datos permiten medir y analizar variables específicas relacionadas con el sistema de riego (En el Anexo VI se consignan algunas variables y fuentes de información para analizar el diagnóstico).
- Información cualitativa:** Comprende atributos o características que no pueden expresarse en números, pero que aportan valor al análisis. Por ejemplo, la evaluación del estado de la infraestructura de riego mediante una inspección visual realizada por especialistas, quienes la califican como buena, regular o mala.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Para identificar la información a recopilar en cada variable del diagnóstico, es fundamental verificar la disponibilidad de información secundaria. Si esta información está disponible, se debe evaluar si es suficiente para el análisis. En caso de ser suficiente, el diagnóstico se realizará con dicha información.

Si la información secundaria no está disponible o resulta insuficiente, será necesario recopilar información primaria. En este proceso, se debe determinar si basta con una inspección visual o si es necesario un levantamiento de información más detallado.

El diagnóstico se estructura según el esquema presentado en el siguiente gráfico e incluye un análisis detallado de los siguientes aspectos: el territorio donde se implementará el proyecto, la población beneficiaria, la Unidad Productora y otros agentes involucrados.

Gráfico 3. Estructura del diagnóstico

1. Territorio

Se debe describir y analizar el ámbito geográfico en el que se ubica la población afectada y la Unidad Productora (UP) vinculada con la situación negativa. Como parte del AdR-CCC, incluye el análisis de peligros, así como el análisis de las localizaciones potenciales para la creación de una UP.

2. Población afectada

Se debe identificar, describir y analizar las características y el comportamiento de la población que enfrenta una situación negativa dentro de un territorio determinado.

3. Unidad Productora

Se debe describir y analizar las características, estructura organizacional, el proceso productivo y la capacidad de la Unidad Productora (UP) que brinda los bienes y servicios vinculados a la situación negativa que afecta la población. También incluye el AdR-CCC que afectan a la UP. Cuando no existe una UP, se analiza la manera cómo la población afectada intenta resolver la situación negativa actual mediante algún suministro alternativo del servicio.

4. Otros agentes involucrados

Se debe describir y analizar las relaciones de cooperación y oposición respecto a la situación negativa y las formas de solucionarlo, de los actores institucionales, grupos sociales y organizaciones (diferentes de la población afectada), que están vinculados a la situación negativa o las posibles alternativas de solucionarlo. Ello se desarrollará en una matriz de involucrados.

Elaboración propia

A continuación, se establecen criterios fundamentales para el diagnóstico, acompañados de un conjunto de indicadores clave aplicables a los proyectos de riego.

Tabla 15. Criterios para el diagnóstico de proyectos de riego

Criterios	Contenido
Principal	• Balance (oferta-demanda) • Reserva hídrica • Resolución de disponibilidad hídrica
Técnicos	• Capacidad de almacenamiento de la infraestructura actual (De existir) • Eficiencia del sistema de conducción • Tecnología de riego existente
Productivos y económicos	• Tecnología y Producción agrícola actual • Uso actual de la tierra • Disposición a pagar para la sostenibilidad del servicio de provisión de agua para riego
Sociales	• Población rural agrícola • Niveles de organización social • Conflictos por el uso del agua • Acceso a vías de comunicación • Experiencias en gestión de recursos hídricos • Desigualdad en el acceso del agua
Ambientales	• Tamaño de la cuenca o subcuenta • Área de recarga hídrica • Distribución de la precipitación • Vulnerabilidad del cambio climático • Cambio en el uso del suelo • Pendiente del terreno • Cobertura vegetal • Caudal ecológico • Impactos ambientales
Otros criterios	• Acceso al agua para riego • Exposiciones del sistema de riego a peligros

Elaboración propia.

2.1 El territorio

a) ¿Qué comprende el análisis del territorio?

El Proyecto de Inversión se implementará en un área geográfica específica dentro del territorio nacional, por lo que es fundamental conocer sus características. El análisis del territorio tiene como propósito examinar y recopilar información sobre las variables y condiciones del entorno en el que se encuentra la población afectada y la unidad productora existente o proyectada para su creación o ampliación mediante el proyecto. Para ello, se emplean los siguientes conceptos:

- **Área de estudio:** Corresponde al espacio geográfico utilizado como referencia para contextualizar los problemas asociados a la gestión y disponibilidad de recursos hídricos. En proyectos de Infraestructura de Riego, el área de estudio

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

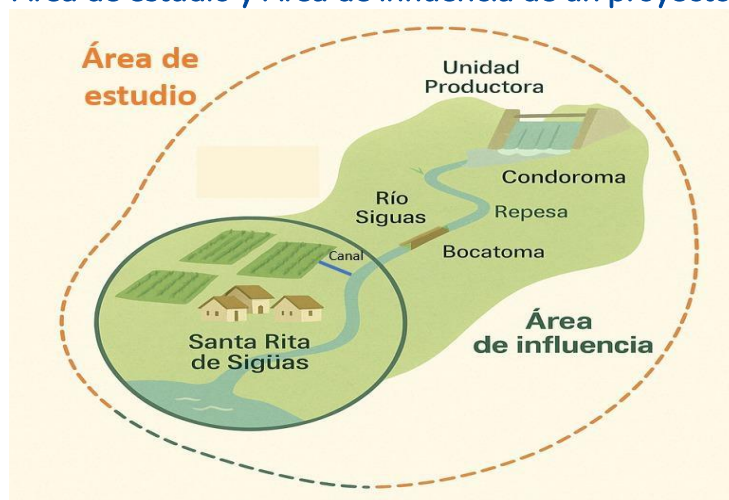
incluye: i) La zona agrícola que depende del riego, donde se localiza la población beneficiaria o afectada; ii) El área donde se ubica la infraestructura existente a intervenir (como canales, reservorios, o sistemas de distribución) o donde se planea construir nueva infraestructura de riego. ; iii) El área donde se ubican otras infraestructuras de riego o fuentes hídricas disponibles a las que la población beneficiada podría acceder. iv) En proyectos que incluyen represamiento, también se debe de considerar el área donde se ubica la infraestructura de regulación hídrica, que abarca el espacio destinado al almacenamiento, control y liberación del agua, incluyendo tanto el cuerpo de agua represado como las áreas aledañas que podrían verse afectadas por modificaciones en los niveles hídricos o la dinámica de flujos.

- **Área de influencia:** Se refiere al espacio geográfico donde reside la población beneficiada o afectada por el proyecto de riego. Incluye las tierras agrícolas irrigadas que dependen del suministro del agua proporcionado por la infraestructura del proyecto.

El área de estudio para proyectos de riego debe definirse considerando límites relevantes, tales como las cuencas hidrográficas, ríos, canales de riego, embalses o áreas de drenaje. También es importante tomar en cuenta los límites administrativos (distritos, provincias, etc.) y la infraestructura existente relacionada con el sistema de riego, como canales, reservorios o sistemas de distribución. Además, deben evaluarse las condiciones actuales de accesibilidad y cobertura de las áreas agrícolas beneficiadas o afectadas por el proyecto, así como la conectividad con otras fuentes de agua y redes de riego.

El área de estudio debe definirse desde las fuentes hídricas de captación, como ríos, lagunas y acuíferos, hasta las áreas agrícolas que recibirán el agua para riego. También debe incluir los territorios atravesados por la infraestructura de conducción y distribución, así como las zonas que podrían verse afectadas por su implementación, considerando tanto los impactos ambientales como los sociales.

Gráfico 4. Área de estudio y Área de influencia de un proyecto de riego



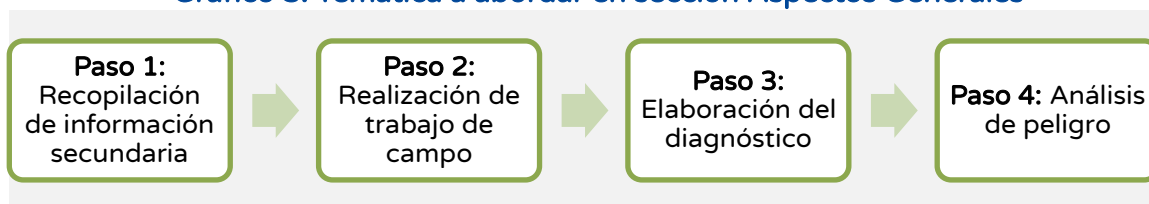
Elaboración propia.

b) ¿Cómo se elabora el diagnóstico del territorio?

El análisis debe centrarse en las variables que condicionan los procesos constructivos, la demanda del servicio de riego, las alternativas técnicas y los posibles impactos ambientales o riesgos que afecten la sostenibilidad del sistema.

Los pasos para elaborar el diagnóstico del territorio se muestran a continuación.

Gráfico 5. Temática a abordar en sección Aspectos Generales



Elaboración propia.

Paso 1: Recopilación de información secundaria

Se deberá de consultar las fuentes de información relacionadas con las variables relevantes del área de estudio y área de influencia. Por ejemplo: Revisar los informes de la ANA y estudios previos sobre los recursos hídricos en la zona, como la disponibilidad de agua en temporadas de lluvia y sequía.

Ejemplo: Naturaleza del proyecto: Mejoramiento

Recopilación de información de fuente primaria¹³ y secundaria, se realiza en función a la naturaleza y complejidad del proyecto, en la siguiente tabla se tiene algún alcance.

¹³ Información que debe emplearse para proyectos de alta complejidad.

Tabla 16. Recopilación de información secundaria– Mejoramiento

Nº	Información	Fuente
1	Estadísticas socioeconómicas del área de estudios.	Censo nacional INEI Censo Agropecuario INEI Padrón de Usuarios de la JUSRS
2	Estudios básicos existentes (hidrología, geotecnia, geología, agrología, hidrogeología y otros)	Plan Anual de distribución del riego de la JUSRS. Esquema hidráulico de su infraestructura hidráulica actual.
3	Vías de comunicación, servicios básicos de la población.	Estadísticas del INEI
4	Información meteorológica (T °C, HR, precipitación, HS, Velocidad viento)	Servicio nacional de meteorología e hidrografía - SENAMHI
5	Servicios de provisión de agua para riego similares que se ubiquen aledaños al área de estudio.	Unidad Ejecutora de Gobierno nacional, regional y local.

Elaboración propia.

Ejemplo 2: Naturaleza del proyecto: Creación¹⁴

Recopilación de información de fuente primaria¹⁵ y secundaria, se realiza en función a la naturaleza y complejidad del proyecto, en la siguiente tabla se tiene algún alcance.

Tabla 17. Recopilación de información– Creación

Información	Fuente
Cédula y Rendimiento de cultivos	▪ Censo Agropecuario INEI ▪ Boletín Anual MIDAGRI
Precios y costo de producción de los cultivos	▪ Boletín Anual MIDAGRI
Estadísticas socioeconómicas del área de estudio.	▪ Censo nacional INEI ▪ Censo Agropecuario INEI
Estudios básicos existentes (hidrología, geotecnia, geología, agrología, hidrogeología y otros)	▪ La Carta Nacional en formato digital, Hoja 25n, 25ñ, 26n, 26 que corresponde al ámbito del área de estudio dentro del cual se encuentra las microcuencas de la oferta hídrica del presente estudio– a escala 1:100,000 elaborado por el Instituto Geográfico Nacional – IGN. ▪ Información Hidrometeorológica existente dentro y cerca al ámbito de estudios registrados por el Servicio Nacional

¹⁴ Estudio de preinversión de referencia: “Creación del servicio de provisión de agua para riego de los sistemas de riego Tambococha, distrito de san pedro de coris, provincia de Churcampa, departamento de Huancavelica”

¹⁵ Información que debe emplearse para Proyectos de Alta Complejidad.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Información	Fuente
	de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, estación de Acobamba, Huanta y Lircay. ▪ Mapa geológico regional (Esc. 1:100000) INGEMMET. ▪ Mapa Ecológico del Perú (Esc. 1/1000000) ONERN. ▪ Norma legal para la obtención del Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos en las áreas donde se intervendrá con infraestructura hidráulicas. ▪ Norma legal para determinar la exigibilidad de la certificación ambiental de un proyecto de inversión en el marco del Sistema Evaluación de Impacto Ambiental.
Estudios técnicos y socio económicos de sistemas de riego similares que estén operando, en la misma región o a nivel nacional	▪ Unidades ejecutoras del MIDAGRI. ▪ Unidades ejecutoras de Gobiernos Regionales.
Información meteorológica (T °C, HR, precipitación, HS, Velocidad viento)	▪ Servicio nacional de meteorología e hidrografía - SENAMHI
Servicio de Telecomunicaciones	▪ Empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones que tengan servicios en la zona de estudio.

Elaboración propia.

Paso 2: Realización del trabajo de campo

Se debe visitar el área de estudio para recoger información de fuente primaria. La información principal de refiere a características geográficas, disponibles de recursos y condiciones de acceso, que permitan luego proponer el diseño técnico del proyecto (localización, tecnología y tamaño) e identificar inversiones adicionales que permitan el funcionamiento de la UP.

Por ejemplo: Durante una visita a la zona, se identifican áreas donde los canales de riego están deteriorados y terrenos agrícolas que dependen únicamente de lluvias, lo que afecta la productividad.

Tabla 18. Evaluación de campo – PI de Mejoramiento

Evaluaciones	Acciones	Análisis	Resultados
Infraestructura hidráulica mayor.	▪ Visita al operador de la infraestructura mayor -Autoridad de Majes - AUTODEMA	El sistema de riego de Santa Rita de Siguan de depende de las aguas que vienen de la represa Condoroma, por lo tanto, es necesario tener información de campo sobre la operación y mantenimiento de la presa en los últimos años, y conocer su vida útil.	▪ Debemos asegurarnos de que la infraestructura de represamiento esté operativo en los próximos 30 años, para asegurar la sostenibilidad del proyecto.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Evaluaciones	Acciones	Análisis	Resultados
	Revisión de la Hidrología en los últimos 30 años.	Visita a la presa y oficina para obtener Información del llenado de la Presa Condoroma en los últimos 30 años, a fin de conocer la oferta hídrica, y este cómo ha ido variando con el cambio climático. De acuerdo al reporte de Autodema.	Los cambios no han sido significativos sin embargo si se ha presentado años secos, donde la presa ha llenado al 70% de su capacidad operativa.
Sociales	Encuesta social a otros sistemas de riego cercanos a Santa Rita de Sigüas.	Se realizó la visita a la Junta de Usuarios de Majes para evaluar el nivel de gestión en la provisión del servicio de agua para riego.	Se constató que la recaudación de tarifa de agua es menor que el de Santa Rita de Sigüas y los riegos son más abundantes, dado que se dedican a la siembra de alfalfa principalmente.

Elaboración propia.

Tabla 19. Evaluación de campo – PI de Creación

Evaluaciones	Acciones	Tareas en campo (ejemplo)	Consideraciones técnicas
Estudios básicos ¹⁶ necesarios que ayuden a definir el territorio del área de estudio y de influencia.	Hidrología.	Evaluación de las áreas de recarga hídrica en cada microcuenca identificada y muestreos de afluentes de las fuentes hídricas permanentes.	El hidrólogo debe evaluar las fuentes hídricas y las características de la cuenca que aportará el recurso hídrico a favor del proyecto, y de las zonas afectadas.
	Geología	Extracción de muestras de materiales y análisis de las formaciones geológicas de las diferentes zonas que serán afectadas con el proyecto.	El geólogo debe verificar la existencia de fallas locales, o zonas de derrumbes o formaciones que podrían ocasionar el fracaso del proyecto.
	Hidrogeología	Extracción de muestras de suelos a diferentes profundidades en las obras de represamiento con fines de verificar la permeabilidad.	Para la permeabilidad de suelos en represamientos, se recomienda pruebas directas para presas mayores de 10m. (ANA lo considera como grandes presas)
	Riesgos.	Evaluación insitu del área de estudio, para identificar los riesgos naturales y antrópicos que podría afectar al proyecto.	El geólogo debe hacer una verificación insitu de la estabilidad de las zonas de influencia del proyecto para el informe de Riesgos.

¹⁶ El nivel de los estudios básicos (Hidrología, Geología, Geotécnica, Hidrogeología, Agrología, Riesgos, Ambiental, Socioeconómico) estará en función a la naturaleza y complejidad del proyecto de inversión.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Evaluaciones	Acciones	Tareas en campo (ejemplo)	Consideraciones técnicas
	Ambiental.	Evaluación ambiental del área de estudio de acuerdo a la normatividad del SEIA.	El especialista ambiental, realizará el estudio que corresponde de acuerdo a la clasificación del SEIA (ver norma actual).
	Socioeconómico	Encuestas y talleres en las poblaciones afectadas por el proyecto para obtener la viabilidad de la Licencia Social.	Se deberá contar con la Licencia Social para la Viabilidad del proyecto.

Elaboración propia.

Paso 3: Elaboración del diagnóstico

Identificamos el área de estudio y el área de influencia que se pretende intervenir (El área de estudio siempre es mayor o igual al área de influencia). A continuación, presentamos algunos casos prácticos sobre este paso 3.

Recuadro 1: Diagnóstico del territorio Infraestructura de Riego

Proyectos de inversión de la naturaleza “Mejoramiento”

En un Sistema de riego el agua se capta directamente del río Sigüas, que proviene de la represa Condoroma. Las áreas de estudio e influencia se describen a continuación:

Área de estudio	- Área donde se asienta la población afectada directa e indirectamente es el poblado del distrito de Santa Rita de Sigüas - Área agrícola afectada es 2,041.53 ha - Área de la línea de conducción hasta el río Sigüas donde se ubica la bocatoma. - Accesos: La panamericana Sur
Área de influencia	- Área agrícola afectada es 2,041.53 ha - Área de la línea de conducción hasta el río Sigüas donde se ubica la bocatoma.

Gráfico 6. Área de influencia – IR Mejoramiento



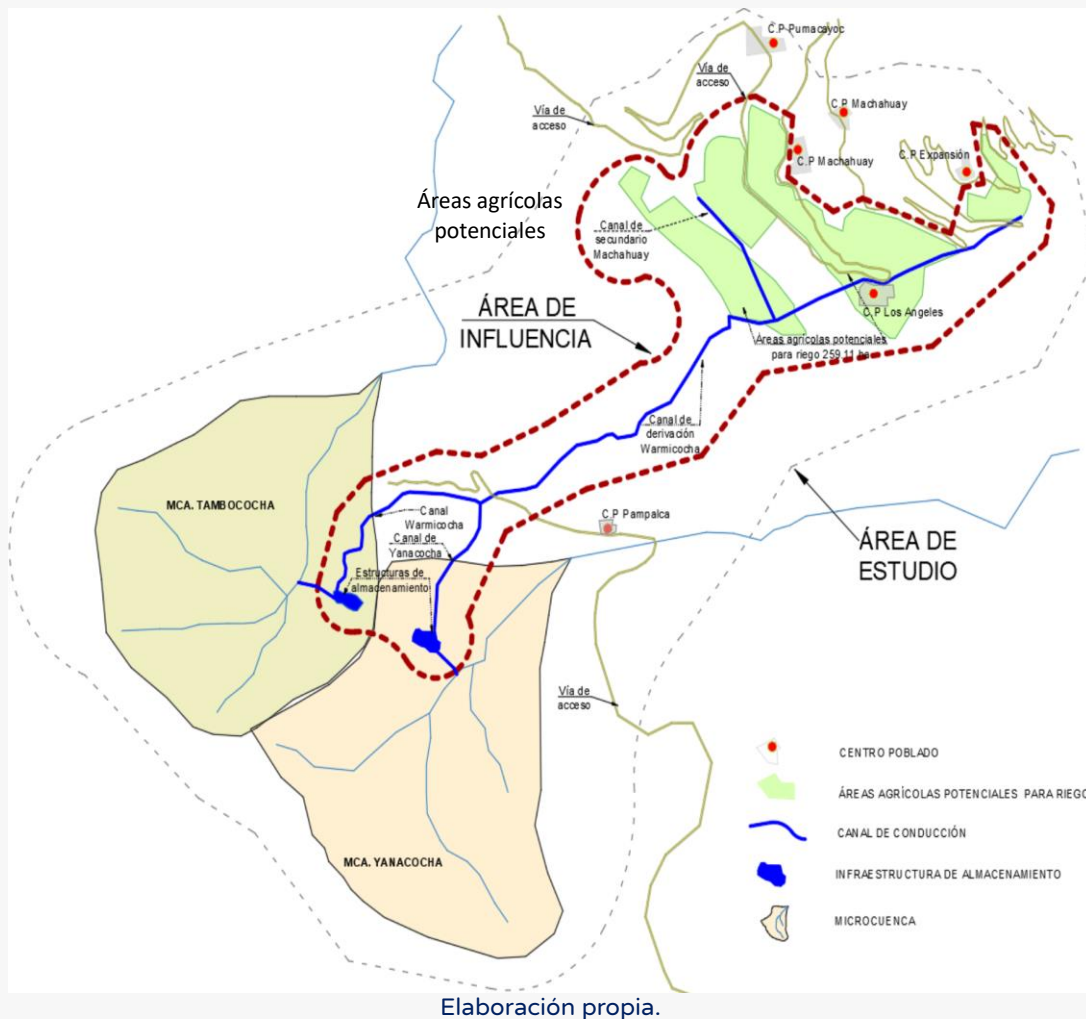
Elaboración propia.

Proyectos de inversión de la naturaleza “Creación”

Del servicio de provisión de agua para riego de unos Sistemas de Riego, se cuenta con lo siguiente:

Área de estudio	▪ Área donde se asienta la población afectada directa e indirectamente en el poblado del distrito de San Pedro de Coris, específicamente en las localidades de Pumamarca, Pucaloma, San Pedro de Coris, Chiupi, Pampalca, Machahuay y los Ángeles. ▪ Área hidrográfica de las microcuencas Tambococha, Yanacocha, y Pampalca. ▪ Áreas potenciales con aptitud para riego donde se desarrolla agricultura de secano en Tambococha 259.11 ha ▪ Áreas proyectadas para la infraestructura hidráulica de represamiento, conducción, almacenamiento y distribución desde las captaciones, hasta las áreas de riego. ▪ Accesos y vías de comunicación.
Área de influencia	▪ Áreas potenciales con aptitud para riego donde se desarrolla agricultura de secano son 259.11 ha ▪ Áreas proyectadas para la infraestructura hidráulica de represamiento, conducción, almacenamiento y distribución desde las captaciones, hasta las áreas de riego.

Gráfico 7. Localización del área de influencia – IR Creación



Recuadro 2: Diagnóstico del territorio Riego Tecnificado

En este ejemplo el área de estudio es mayor que el área de influencia del proyecto, porque una misma fuente hídrica abastece de servicio de agua a varios sectores de riego.

Área de estudio	- Área donde se asienta la población afectada directa e indirectamente en el poblado del distrito de Huancano. - Área agrícola bajo riego del Comité de usuarios La Muralla-Tres Piedras, tiene una extensión de 36 ha, conformado por dos bloques de riego, La Muralla con una extensión de 24.47 ha y Tres Piedras con un área de 11.53 ha.
-----------------	--

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

	- Áreas de la infraestructura hidráulica existente, desde el río Pisco donde se ubica la captación, conducción, y distribución, hasta las parcelas de riego. - Accesos y vías de comunicación.
Área de influencia	- Área agrícola bajo riego del bloque de riego La Muralla, tiene una extensión de 24.47 ha. - Áreas de la infraestructura hidráulica existente, desde el inicio de las tomas laterales y líneas de distribución, hasta las parcelas de riego.

En el área de estudio del proyecto se observan las parcelas que serán intervenidas con la instalación de riego tecnificado (Ver las áreas sombreadas de color verde).

Gráfico 8. Área de estudio / Tipología: Riego Tecnificado



Elaboración propia.

Paso 4: Análisis de peligros

El peligro es un evento de origen natural, socio cultural o antrópico con probabilidad de ocurrir y que, por su magnitud, puede causar daños y pérdidas en una UP. En el área de estudio se debe identificar el o los peligros y se procede a su análisis para definir sus características y su probabilidad de ocurrencia (Muy alto, Alto, Medio, Bajo).

En proyectos de riego los peligros más frecuentes que se identifican en el área de estudio y que podrían afectar a la Unidad Productora son los siguientes:

- Inundación de áreas agrícolas, por fuertes lluvias ó fenómeno del niño.
- Sequías en época de estiaje, disminuye los rendimientos ó pérdida de los cultivos.
- Helada continua, causa la muerte de los cultivos en su fase de desarrollo.
- Sismos o derrumbes podrían ocasionar colapso en la línea de conducción principal o en obras hidráulicas conexas cuyo efecto sería el corte del servicio de agua para riego.

Tabla 20. Formato para resumir los resultados del análisis de peligros

Peligros	¿Existen antecedentes de ocurrencia en el área de estudio?			¿Existe información que indique futuros cambios en las características del peligro o los nuevos peligros?		
	Si	No	Características (intensidad, frecuencia, área de impacto, otros)	Si	No	Características de los cambios o los nuevos peligros
Inundación	x		El fenómeno del niño de máxima intensidad se presentó entre 10 y 15 años, ocurridos en los periodos del 72-73; 82-83 y 97-98, ocasionaron inundaciones en las áreas agrícolas costeras del Perú, y otras zonas de la región andina.	x		Mediante prospecciones hidrológicas y climáticas, existe la certeza que el fenómeno del niño se está intensificando en magnitud, por lo que se debe tomar las medidas necesarias para mitigar el peligro de inundación.
Sequías	x		En los años 89-90, 99-00 y 08-09, se presenciaron eventos extremos de friaje, este fenómeno aproximadamente se puede dar cada 10 años cuyo efecto fue la disminución de lluvias y disponibilidad hídrica para los cultivos; siendo el impacto negativo la baja producción agrícola y disminución de los rendimientos.	x		Con los efectos del cambio climático los estudios prospectivos señalan que la variabilidad de temperatura entre máximas y mínimas serán más extremas, por lo que este fenómeno se puede intensificar en las próximas décadas, haciendo que los suelos sean más áridos si no se toman las medidas preventivas de obras de almacenamiento.
Heladas	x		Las heladas es un fenómeno natural que se presenta todos los años, principalmente entre los meses de junio a agosto, sin embargo, en los últimos años éste fenómeno se está observando con mayor intensidad en otros meses del año, afectando a los cultivos más sensibles.	x		Los estudios prospectivos del clima en la última década indican que las temperaturas en el día se hacen más altas y en las noches más bajas, cuyo efecto son las heladas principalmente en la región andina y sur del Perú, por lo que la intensidad se ha incrementado para otros meses del año, haciendo que la rentabilidad de la agricultura sea más sensible.
Derrumbes	x		Las obras de infraestructura de conducción cruzan por laderas vulnerables a derrumbes, por efecto de la intensidad de la lluvia que se manifiesta en cada fenómeno del niño; o por efecto de sismos.	x		El mapa de zonificación sísmicas del Perú señala que el área del proyecto se encuentra en zona sísmica de alta intensidad, y de producirse este evento la falla aceleraría el desplazamiento de suelo, produciendo derrumbes a lo largo de la línea de conducción.
Fallas geológicas	x		Existencia de fallas geológicas locales, cuyo desplazamiento de bloques de masa de tierra producen el agrietamiento de tramos por donde estaría pasando una infraestructura hidráulica de conducción.		x	

Elaboración propia.

Para el análisis de los peligros identificados, estos se deben desarrollar mediante las tareas descritas en el Anexo 2 “Gestión de Riesgos de Desastres en la fase de Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión” de la Guía General¹⁷.

Para llevar a cabo el análisis de peligro, se deberán seguir los lineamientos establecidos por el MIDAGRI, específicamente los contenidos en los “Lineamientos para la incorporación de la Gestión del Riesgo en un Contexto de Cambio Climático en los proyectos de inversión relacionados a agua para riego en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones” (MIDAGRI, 2020).

2.2 La población afectada

a) ¿Qué se entiende por población afectada?

La población afectada comprende a los usuarios del sistema de riego, productores agrícolas y comunidades beneficiadas por la infraestructura existente o por crear, quienes, afectados por la situación negativa que se intenta solucionar, enfrentan una necesidad insatisfecha asociada a una brecha prioritaria:

- La **“necesidad”** se refiere a la demanda de servicios de agua para riego adecuados para la producción agrícola, cuya provisión es responsabilidad del Estado. En este caso, la satisfacción de esta necesidad está relacionada a la eficiencia y equidad en la distribución del agua para riego, un factor clave para el desarrollo agrícola y el bienestar de las comunidades.
- **“Insatisfecha”** alude a la falta de acceso adecuado a sistemas de riego por parte de la población agrícola (cobertura) o cuando dichos sistemas son insuficientes o ineficientes para cubrir las necesidades de riego (calidad). Esto puede manifestarse en la escasez de agua disponible para la producción, pérdidas significativas por fugas o infraestructura deficiente.
- **“Brecha prioritaria”** se refiere a las brechas de infraestructura de riego. Estas brechas se priorizan en función de su impacto en la productividad agrícola y la sostenibilidad del uso del agua. Las brechas en el caso de riego, se define como la diferencia entre la situación actual del acceso y del uso del agua para riego y la situación deseada en la que se busca optimizar la productividad agrícola mediante un uso eficiente y equitativo del recurso hídrico. Esta brecha puede medirse a través de tres indicadores clave:
 - Porcentaje de Superficie Agrícola Sin Riego: Este indicador representa la proporción de tierras agrícolas que no cuentan con acceso a sistemas de riego, limitando su productividad y haciéndolas vulnerables a condiciones

¹⁷ Guía General para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión, MEF 2024.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

climáticas adversas. Un alto porcentaje indica una brecha significativa en cobertura.

- **Porcentaje de Sistemas de Riego que Operan en Condiciones Inadecuadas:** Este indicador mide la proporción de sistemas de riego existentes que operan de manera ineficiente debido a deterioro, falta de mantenimiento o diseños obsoletos. Estos sistemas pueden no distribuir el agua de manera adecuada, lo que genera desperdicio o insuficiencia en su aplicación.
- **Porcentaje de Superficie Agrícola Sin Riego Tecnificado:** Este indicador refleja la proporción de tierras agrícolas que no cuentan con sistemas de riego tecnificado (goteo, aspersión, microaspersión, entre otros), que son más eficientes en el uso del agua en comparación a los métodos tradicionales. Una alta proporción indica una brecha tecnológica significativa.

La identificación de la población afectada es fundamental para determinar a los beneficiarios directos¹⁸ del proyecto. Ahora, analicemos algunos ejemplos respecto a la población afectada en la tipología de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado.

Tabla 21. Ejemplos de población afectada para proyecto de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Naturaleza de intervención	Situación negativa	Población afectada
Mejoramiento	Deficiente servicio de provisión de agua para riego en el distrito de Santa Rita de Sigwas	• Distrito de Santa Rita de Sigwas: Conformado por una población de 4,568 personas del distrito, de las cuales viven y trabajan 228 habitantes en las actividades agrícolas del área beneficiada y no son dueños de las parcelas. • Junta de Usuarios Santa Rita de Sigwas: Conformada por tres comisiones de regantes, utilizan la misma captación son los 131 usuarios • Población afectada: 131 usuarios de riego que utilizan el canal (720 personas)
Creación	Insuficiente servicio de provisión de agua para riego en el distrito de San Pedro de Coris.	• Está conformada por los 3,445 habitantes del distrito de San Pedro de Coris, quienes se ven afectados directa o indirectamente por la disminución de la actividad agrícola. Esta situación impacta no solo a los productores, sino también a quienes dependen de esta actividad de manera indirecta, ya sea mediante el comercio local, el empleo temporal o la prestación de servicios vinculados al agro, afectando así el dinamismo socioeconómico del distrito en su conjunto. • Están conformados por los centros poblados de San Pedro de Coris, Pumamarca, Putaloma,

¹⁸ Se entiende por beneficiarios directos a aquellos que demandan y reciben el servicio provisto por la unidad productora creada o modificada por el proyecto de inversión.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Naturaleza de intervención	Situación negativa	Población afectada
		Expansión, Machahuay, Los Ángeles y Pampalca; con una población total de 2,451 habitantes. Esta población se ve afectada directamente debido a su alta dependencia de la actividad agrícola para su subsistencia y economía familiar. La limitada disponibilidad de agua para riego ha generado una reducción en los niveles de producción, afectando los ingresos, la seguridad alimentaria y las oportunidades de empleo en estos centros poblados. • Población afectada: Población dedicada a la agricultura de secano, conformada por 363 personas que se dedican solamente a la actividad agrícola y 465 personas que se dedican a la agricultura, pero en temporadas de estiaje trabajan en labores de canteras y minería.
Mejoramiento (Riego Tecnificado)	Deficiente servicio de provisión de agua para riego en sistema de riego parcelario en el Grupo Gestión La Muralla.	• Población general: Conformado por la población del Distrito de Huancano, 265 productores que se dedican a la actividad agrícola. • Comité de usuarios: Comité de usuarios de riego conformada por dos bloques La Muralla-Tres Piedras 21 usuarios • Población afectada: 13 usuarios del Grupo de Gestión La Muralla

Elaboración propia

b) ¿Cómo se elabora el diagnóstico de la población afectada?

Se recomienda que, para una adecuada identificación, caracterización y análisis de la población afectada, se aborden las siguientes interrogantes:

- ¿Cómo satisface su necesidad?

Acceso: Si la población no accede al servicio de agua para riego que satisface su necesidad. Se debe identificar qué medios alternativos utilizan los agricultores para acceder al agua (por ejemplo, acarreo manual, uso de pozos, compra de agua), así como los recursos que destinan, como tiempo, esfuerzo o costos adicionales. Esta información será clave para estimar los beneficios sociales del proyecto. Por ejemplo, en una comunidad agrícola de la sierra, los agricultores no cuentan con un sistema de riego formal y dependen exclusivamente de la lluvia. Durante la época seca, enfrentan una disminución significativa en la productividad agrícola, lo que afecta su seguridad alimentaria y sus ingresos familiares.

Calidad: Si la población ya accede al servicio a través de una UP, es importante saber si está satisfecha con el servicio que recibe; caso contrario, se deberá conocer las razones que explican dicha situación. Por ejemplo, en el valle de un

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

proyecto de riego existente, los usuarios reportan una baja eficiencia en la distribución del agua. Aunque los canales están operativos, presentan filtraciones y falta de mantenimiento, lo que reduce la cantidad de agua que llega a las parcelas y provoca conflictos entre los usuarios aguas arriba y aguas abajo.

- ¿Está expuesta a condiciones de riesgo?

Se debe conocer si la población está en situación de riesgo de desastre o en una zona de alto impacto ambiental, dado que se puede considerar la coordinación con una entidad competente para identificar un área definitiva de reubicación, antes de ser atendida con un proyecto. Por ejemplo, Una comunidad ubicada cerca de una quebrada en la selva está en riesgo de inundaciones recurrentes durante la temporada de lluvias. La implementación de un proyecto de riego podría exacerbar este riesgo si no se coordinan medidas de mitigación con el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y otras entidades competentes.

- ¿Cuáles son las características socioeconómicas, demográficas, sociales, culturales, entre otros, que son relevantes para el análisis?

Socioeconómico: Analizar las actividades agrícolas de la población beneficiaria, sus niveles de ingreso y su disposición a pagar por el servicio de agua para riego. También considerar el impacto en servicios como educación, salud y seguridad alimentaria. Por ejemplo, los agricultores de una comunidad del altiplano se dedican principalmente al cultivo de papa y quinua para autoconsumo y comercio local. Sin un sistema de riego adecuado, sus ingresos son bajos y su capacidad para pagar por un servicio de riego es limitada. Sin embargo, manifiestan disposición a participar en faenas comunales para mantener la infraestructura de riego una vez construida.

Demográficas: Recoger información de las características demográficas de la población afectada: cuántos son y cuál es la tendencia de crecimiento a futuro. Por ejemplo, en un distrito de la costa, la población beneficiaria está en constante crecimiento debido a la migración interna por la expansión de la agroindustria. Este aumento en la población ejerce presión adicional sobre los recursos hídricos y requiere ajustar la planificación del sistema de riego.

Sociales y culturales: Identificar costumbres relacionadas con el uso del agua, la cultura de pago y la participación en organizaciones comunales. Considerar aspectos culturales, como el idioma y posibles conflictos sobre el acceso al agua. Por ejemplo, en comunidades andinas quechua hablantes, las juntas de regantes tienen un papel central en la gestión del agua, pero enfrentan desafíos como el incumplimiento de turnos de riego debido a conflictos entre usuarios. Además, algunas comunidades tienen costumbres que priorizan el riego de pastizales para ganado, lo que puede entrar en conflicto con la necesidad de riego para cultivos comerciales.

Se considera entre los grupos de población involucrados en el proyecto: 1) los afectados por el problema que son los beneficiarios directos del proyecto, usuarios de las parcelas; 2) las organizaciones sociales que inciden en la promoción del proyecto o en la toma de decisiones; 3) la población que debe otorgar facilidades para la ejecución del proyecto y 4) la población que puede sentirse afectada en su patrimonio o medios de vida.

2.3 La Unidad Productora

a) ¿Qué se entiende por Unidad Productora?

La Unidad Productora (UP) es un conjunto de recursos o factores productivos (infraestructura, equipos, personal, organización, capacidades de gestión, entre otros) que, articulados entre sí, tienen la capacidad de proveer bienes o servicios a la población objetivo. Asimismo, la UP constituye el producto -creado o modificado- de un proyecto de inversión. Para la tipología de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado la UP es el Sistema de agua para Riego.

El Sistema de Riego brinda el servicio mediante un conjunto de procesos integrados, como la regulación, captación, conducción, distribución y aplicación. Estos procesos, al estar articulados, permiten mejorar la eficiencia del riego y garantizar el suministro de agua a los agricultores.

El diagnóstico de la UP implica analizar si el servicio público que se brinda cumple con los estándares de calidad y los niveles de servicio requeridos. De esta evaluación se determinará si es necesaria una intervención a través de un Proyecto de Inversión (PI) o si se debe optar por otro tipo de inversión o intervención. Posteriormente, se realiza el estado situacional de la UP para brindar el servicio público.

Los procesos que sigue la UP para brindar el servicio son cinco (05), estos se detallan a continuación:

- **Regulación:** Este proceso abarca los subprocesos de almacenamiento y entrega, los cuales permiten controlar la cantidad como el momento en que el recurso hídrico se libera para su uso.
- **Captación:** Consiste en la toma de agua desde su fuente, ya sea superficial o subterránea.
- **Conducción:** En este proceso se distinguen los subprocesos de transporte y medición, que son esenciales trasladar las aguas desde la captación hasta las tomas de distribución o la entrega de la infraestructura menor.
- **Distribución:** Incluye los subprocesos de captación (a nivel secundario), almacenamiento y medición, trasladando las aguas desde las compuertas de

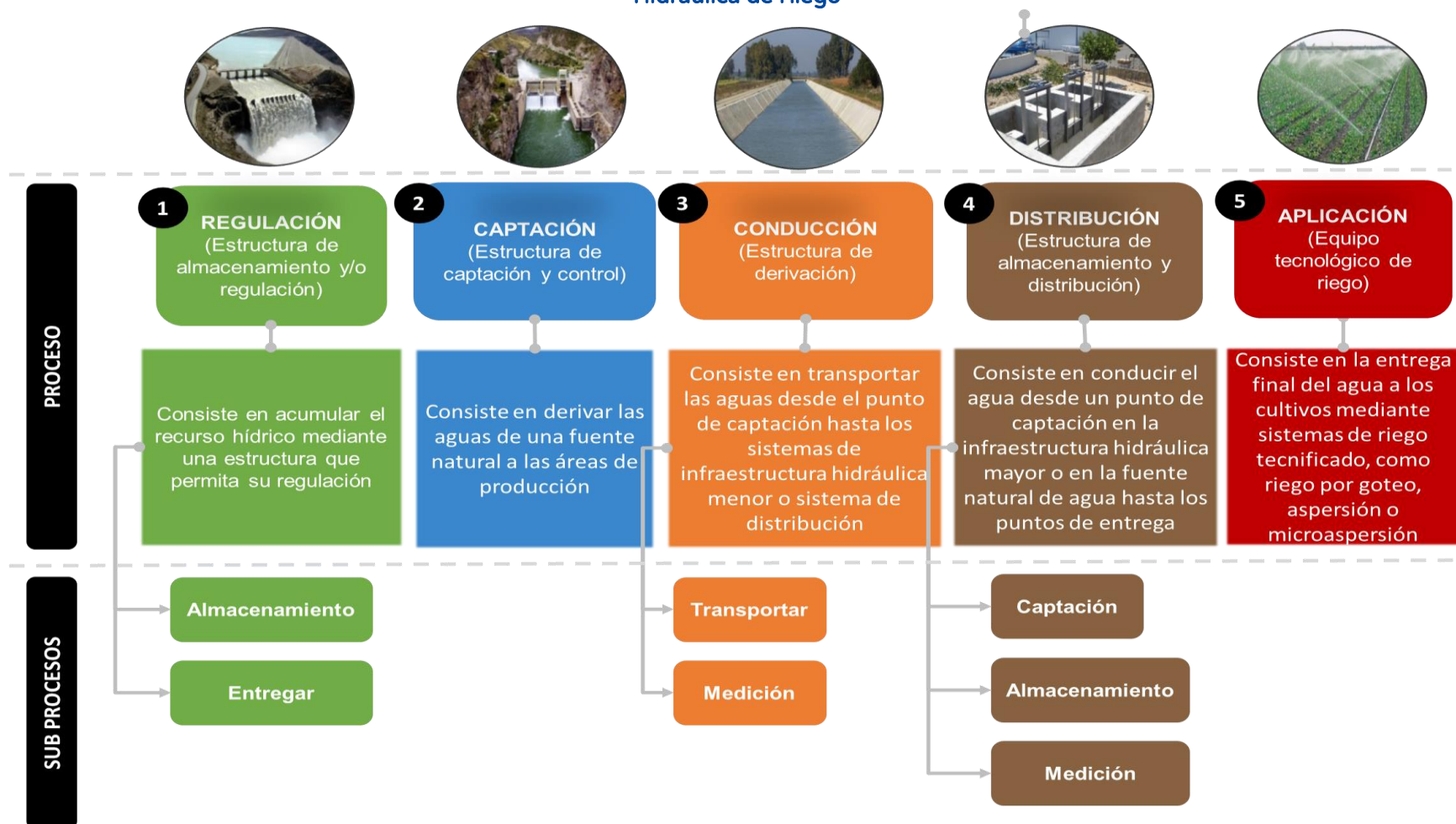
Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

distribución o inicio de la infraestructura hidráulica menor hasta la cabecera de parcela o entrega a los beneficiarios.

- **Aplicación:** Es el traslado y utilización del recurso hídrico dentro de las parcelas.

Es importante señalar que los procesos de regulación, captación y conducción están estrechamente relacionados con la infraestructura hidráulica mayor, mientras que la captación, conducción, distribución y aplicación se enfocan en la infraestructura hidráulica menor.

Gráfico 9. Proceso vinculado al “Servicio Público de Provisión de Agua para Riego” a través del Sistema de Riego o Infraestructura Hidráulica de Riego



Fuente: Identificación de activos para los servicios de provisión de agua para riego, apoyo al desarrollo productivo agropecuario, apoyo al desarrollo productivo forestal sostenible del MIDAGRI.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Es importante indicar acciones de inversión en el proceso de “Aplicación” solo se considera para proyectos de la tipología de Riego Tecnificado.

En el siguiente gráfico se presenta una Unidad Productora (UP) de Sistema de Agua para Riego en forma completa y general, es decir cubre todos los procesos del servicio.

Gráfico 10. Sistema de Infraestructura de Riego



Elaboración propia

- El **proceso de regulación** puede contener varias estructuras, en el presente como por ejemplo una estructura de almacenamiento fuera de cauce, túneles de trasvase, estructura de captación que deriva las agua hacia la estructura de almacenamiento (como por ejemplo: reservorio Tinajones), una estructura de descarga (que permite entregar las aguas de la estructura de almacenamiento al río), una estructura de distribución de agua (partidor de agua en los ríos Lambayeque y Reque); obras conexas que dan la seguridad a la estructura del almacenamiento y a la operación del mismo.
- El **proceso de captación** del agua de una fuente superficial, el cual consta de una estructura de captación y sus obras de arte de protección conexas (defensa ribereña, desarenador, zona de limpia, canal de aproximación, aliviadero de demasías, entre otros).
- El **proceso de conducción**, el cual utiliza el canal de conducción o canal principal con sus obras de arte conexas para cruzar la topografía del terreno y la operación adecuada del sistema. Obras de arte tales como: aforadores, compuertas de

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

regulación y distribución, caídas verticales, rápidas, puentes peatonales y vehiculares, entre otros.

- El **proceso de distribución**, cuya infraestructura consta de canales de distribución que inician desde las compuertas instaladas en el canal de conducción. Estos canales deberán incluir a lo largo de su recorrido obras de arte que permitan cruzar la topografía del terreno y poder entregar el recurso hídrico a los usuarios. Obras de arte, tales como, aforadores, caídas verticales e inclinadas, rápidas, compuertas, reservorios nocturnos, entre otros.

En cambio, la Unidad Productora (UP) en un caso de riego tecnificado está conformada por tres componentes principales: la conducción, que asegura el traslado eficiente del agua; la aplicación, que distribuye el agua directamente a las parcelas agrícolas; y la gestión, que organiza y supervisa el uso adecuado del recurso hídrico.

Gráfico 11. Sistema de riego (considera aplicación/riego tecnificado)



APLICACIÓN

- Equipo tecnológico de riego parcelario
- Riego por aspersión.
- Riego por Microaspersión.
- Riego por Goteo.
- Riego por multi compuertas, intermitente, californiano)
- Obras hidráulicas comunes necesarias para la operatividad de los equipos de riego

Elaboración Propia

Para la tipología de riego tecnificado, la Unidad Productora está conformada por la infraestructura hidráulica que brinda el servicio de provisión de agua para riego, desde la fuente de agua hasta su aplicación en parcela. Esta fuente puede provenir de una toma lateral, un río, un embalse, una bocatoma o un canal de distinto orden, según las condiciones del sistema existente.

b) ¿Cómo se elabora el diagnóstico de la Unidad Productora?

En caso exista una Unidad Productora (UP) relacionada al sistema de riego, el diagnóstico debe enfocarse en analizar integralmente las condiciones actuales bajo

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

las cuales presta el servicio, evaluando cómo su desempeño contribuye a la problemática que afecta a los usuarios agrarios. Se debe verificar si la oferta de la UP cumple con el nivel de servicio requerido y si sus activos (infraestructura de captación, conducción, distribución, aplicación y gestión) cumplen con los estándares de calidad y reciben mantenimiento oportuno.

Este diagnóstico debe permitir:

- Identificar limitaciones en los factores de producción.
- Estimar la oferta actual del servicio (situación sin proyecto).
- Evaluar la posibilidad de optimizar dicha oferta.
- Analizar riesgos de desastres.
- Identificar efectos ambientales negativos, si los hubiera.

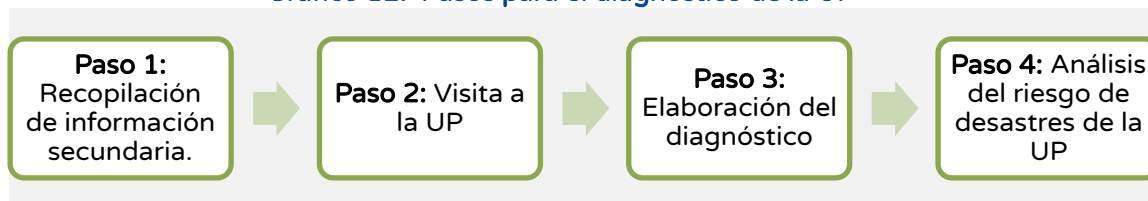
Para facilitar el diagnóstico de una Unidad Productora (UP) en proyectos de infraestructura de riego, es recomendable desagregar los activos estratégicos por factores de producción vinculados a cada proceso de producción mediante los cuales la UP presta el servicio de provisión de agua para riego.

En el caso de proyectos de riego, estos activos incluyen ejemplos específicos como:

- Reservorios de regulación (almacenamiento de agua para gestionar variaciones en la disponibilidad hídrica a lo largo del tiempo)
- Reservorios de distribución (garantizar la entrega eficiente y continua de agua en los puntos de consumo dentro del sistema)
- Canales de derivación (para la conducción del agua)
- Sistemas de captación (bocatomas y estructuras de captación)
- Infraestructura de distribución (redes de tuberías, canales secundarios)
- Sistemas de riego tecnificado (goteo, aspersión)
- Equipo de bombeo (si aplica)
- Sistemas de control y medición del agua (caudalímetros, compuertas)
- Software de gestión (para la administración de volúmenes y control de usuarios).

Para llevar a cabo el diagnóstico de la UP, es necesario seguir una serie de pasos, los cuales se detallan en el siguiente gráfico.

Gráfico 12. Pasos para el diagnóstico de la UP



Fuente: MEF, 2024.

a) Paso 1: Recopilación de información secundaria

En los proyectos de riego, es fundamental recopilar información relevante disponible sobre la unidad de riego y la entidad responsable de su operación y mantenimiento.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Esta información debe incluir datos sobre la producción agropecuaria, la disponibilidad y gestión del recurso hídrico, el estado de la infraestructura de riego (como canales, reservorios, bocatomas, entre otros), los instrumentos de gestión existentes, y los planos de diseño actual, entre otros elementos clave. Tener acceso a esta información preliminar será fundamental para planificar y ejecutar de manera efectiva el trabajo de campo.

Asimismo, para evaluar la infraestructura y los sistemas de riego, es indispensable considerar las normas, parámetros y estándares técnicos establecidos por las entidades competentes. Por ejemplo, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA) establecen lineamientos sobre eficiencia en el uso del agua, los criterios de diseño de infraestructura de riego y los requisitos para la operación y mantenimiento de los sistemas.

b) Paso 2: Visita a la UP

Para realizar un diagnóstico adecuado de la UP, se deben emplear herramientas que permitan la recolección estructurada de la información. En la visita de campo, se debe recorrer la infraestructura existente y verificar los siguientes aspectos:

- Los procesos productivos vinculados con el uso del recurso hídrico.
- Las condiciones físicas de los activos, tales como canales, reservorios, bocatomas, tuberías e hidrantes.
- El estado del servicio en función del desempeño del sistema de riego y su capacidad para distribuir agua de manera equitativa.
- La accesibilidad a la UP, considerando la infraestructura vial, la disponibilidad de canteras y otros factores logísticos para posibles intervenciones futuras.

Es fundamental verificar si la infraestructura existente cumple con los estándares y normativas técnicas establecidas por entidades como el MIDAGRI y la ANA. Para ello:

- Se debe identificar el estado de los componentes de riego y, si es necesario, contar con informes técnicos que justifiquen la demolición o rehabilitación de ciertas estructuras.
- Evaluar la exposición y vulnerabilidad de la infraestructura ante riesgos naturales (inundaciones, sequías, deslizamientos, etc.).
- Analizar los antecedentes de impactos sufridos por la infraestructura de riego.
- Complementar la evaluación con material fotográfico y un croquis o plano de distribución de la UP.

Durante la visita de campo, es recomendable realizar entrevistas con los usuarios del sistema de riego (agricultores, operadores y técnicos) para obtener información sobre:

- Percepción del servicio recibido por los usuarios.
- Historial de interrupciones en el suministro de agua, sus causas y efectos.
- Necesidades o problemas no cubiertos por la infraestructura existente.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

A través de inspección visual, se debe recopilar información adicional sobre:

- Estado actual de los equipos utilizados en la operación y mantenimiento del sistema de riego.
- Antigüedad de los activos y su funcionalidad dentro del sistema.
- Disponibilidad de vehículos e intangibles asociados a la gestión del servicio de riego.

En caso de que no exista una UP previa, se debe recopilar información sobre posibles localizaciones para su implementación. Este análisis permitirá evaluar:

- Factibilidad técnica del terreno.
- Accesibilidad y disponibilidad de recursos.
- Vulnerabilidad del área ante amenazas naturales.

A continuación, se presenta una matriz de ejemplo para organizar la información recopilada:

Tabla 22. Estado de los activos de una UP por tipo de factor de producción

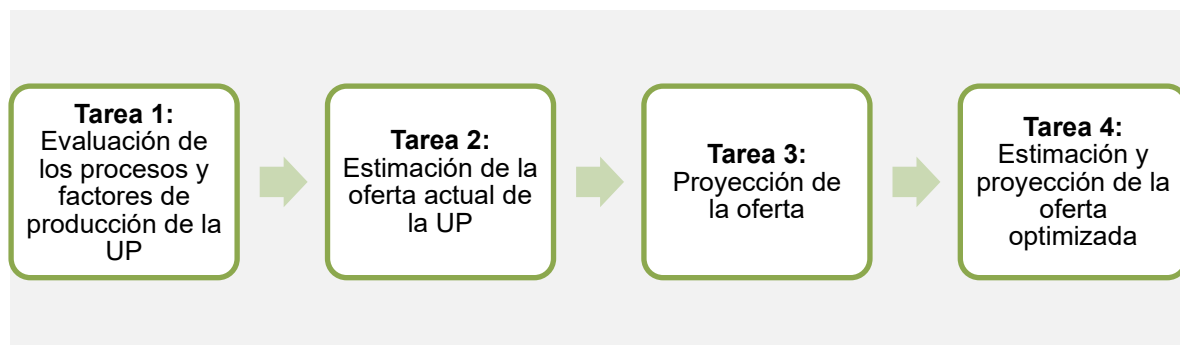
Activo	Tipo de Factor de Producción	Dimensiones / Unidades Físicas	Estado Actual	Antigüedad
Canal principal	Infraestructura hídrica	5 km de longitud	Regular	20 años
Bocatoma	Infraestructura de captación	1 estructura	Bueno	10 años
Reservorio	Almacenamiento de agua	2,000 m3	Malo	15 años
Hidrantes	Red de distribución	20 unidades	Bueno	5 años
Vías de acceso	Infraestructura vial	3 km	Malo	18 años

Elaboración propia.

c) **Paso 3: Elaboración del diagnóstico**

El diagnóstico de la UP tiene como objetivo evaluar los procesos y factores de producción, con el fin de determinar su capacidad de oferta actual e identificar las restricciones que impactan su desempeño. Las actividades necesarias para desarrollar este diagnóstico son las siguientes.

Gráfico 13. Tareas para elaborar el diagnóstico de la UP



Fuente: MEF, 2024.

Tarea 1: Estado de los activos de una UP por tipo de factor de producción

Para llevar a cabo una evaluación adecuada de los procesos y factores de producción, es fundamental realizar el análisis integral de un sistema de riego, considerando la evaluación de la infraestructura y equipos, verificando su cumplimiento con normas técnicas y su operatividad en la captación, bombeo, filtración y medición. También deben analizarse las restricciones en materiales e insumos, especialmente ante escenarios de cambio climático y disponibilidad de recursos energéticos. Evaluar la capacidad del personal responsable de la operación y mantenimiento, así como la calidad de la gestión organizativa, incluyendo mantenimiento preventivo, protocolos y gestión financiera. Además, se debe examinar la sostenibilidad económica del sistema a través del análisis de tarifas e ingresos, los impactos ambientales potenciales sobre suelos y biodiversidad, y la existencia de otros proveedores o sistemas de riego que puedan afectar la demanda del servicio. Todo esto requiere herramientas técnicas como inspecciones, modelos hidráulicos, estudios SIG, análisis financieros y evaluaciones ambientales. Mayor detalle se consigna en la siguiente tabla.

Tabla 23. Consideraciones para la evaluación de los procesos y factores de producción

Tipo de evaluación	Consideraciones	Metodologías / Herramientas / Estudios
Evaluación de la infraestructura y equipos	Revisar si los canales de riego, reservorios, sistemas de captación, y equipos cumplen con las normas técnicas y estándares de calidad del sector de Agricultura y Riego. Es necesario identificar los factores limitantes que afectan la capacidad de producción del sistema, como canales deteriorados o falta de equipos adecuados. En cuanto a los equipos, se debe evaluar la condición y operatividad de aquellos utilizados en procesos clave como la captación, bombeo, filtración, y distribución del agua, así como los equipos de medición y control de caudal. Esto incluye, por ejemplo, sistemas de bombeo, generadores, válvulas, caudalímetros, medidores de presión, y equipos de automatización que son esenciales para el funcionamiento eficiente del sistema de riego.	- Inspección técnica de infraestructura. - Análisis de capacidad de los sistemas mediante modelos hidráulicos. - Evaluaciones de mantenimiento con base en normativas técnicas.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tipo de evaluación	Consideraciones	Metodologías / Herramientas / Estudios
	Representar los procesos de producción mediante un flujo de procesos para visualizar las limitaciones y cuellos de botella.	
Restricciones en materiales e insumos	- Evaluar la disponibilidad de los recursos hídricos en función del cambio climático, así como otros insumos clave (como energía para sistemas de bombeo). Es importante prever posibles restricciones futuras en la provisión de agua debido a cambios en la precipitación o la disponibilidad de fuentes de agua. - Se precisa que no es posible la adquisición de maquinaria.	- Modelos de cambio climático y proyecciones hídricas. - Análisis de la disponibilidad de agua utilizando sistemas de información geográfica (SIG). - Estudio de recursos energéticos.
Capacidad del Personal	Verificar si el personal actual, encargado de la operación y mantenimiento de la infraestructura de riego, tiene la cantidad y calificación necesarias para cumplir con los niveles de servicio. La falta de personal capacitado puede ser un factor limitante en la oferta.	- Encuestas de capacidad del personal y análisis de competencias. - Talleres de capacitación y evaluación del personal.
Organización y gestión	Analizar si la gestión del sistema de riego es adecuada, revisando el uso de instrumentos de gestión, mantenimiento preventivo y correctivo, y protocolos. Por ejemplo, se debe evaluar la frecuencia de mantenimiento de los canales y compuertas, y si estos se realizan conforme a las recomendaciones técnicas.	- Evaluación de procesos mediante análisis de flujo. - Auditorías de gestión operativa. - Talleres de gestión de proyectos y evaluación de indicadores clave de rendimiento
Sostenibilidad y fuentes de ingresos:	Evaluar si los agricultores y usuarios del sistema pagan por el servicio de riego y si esos ingresos son suficientes para cubrir los costos operativos y de mantenimiento, asegurando la sostenibilidad financiera del sistema.	- Análisis de costos y tarifas de riego. - Estudio de viabilidad financiera. - Encuestas a usuarios y talleres de sensibilización sobre costos.
Impacto ambiental:	Considerar los impactos que el sistema de riego puede estar generando en el medio ambiente, como erosión de suelos o reducción de la biodiversidad en áreas cercanas,	Análisis de suelos y medición de erosión.
Competencia de otros proveedores:	Verificar si existen otras fuentes o sistemas de provisión de agua para riego a las que pueda acceder la población beneficiaria, y cómo eso afecta la demanda del sistema actual,	- Estudio de competencia hídrica y análisis de mercado. - Encuestas a usuarios y análisis de alternativas de provisión de agua.

Elaboración propia.

Durante el diagnóstico, se lleva a cabo un análisis detallado de los procesos y de los activos necesarios para cada uno de ellos, agrupando estos activos según los tipos de factores de producción involucrados (Infraestructura de riego, equipo e intangibles).

Este análisis de los activos es fundamental para comprender la intervención planificada en el proyecto de inversión, ya que, dependiendo del tipo de proyecto —mejoramiento, recuperación, ampliación o creación—, los activos involucrados varían según la naturaleza específica del proyecto.

Es fundamental hacer una clara distinción entre los diferentes tipos de proyectos y las inversiones de tipo IOARR, las cuales están orientadas a optimizar, reponer, ampliar marginalmente o rehabilitar infraestructuras existentes, sin implicar la creación de nuevas instalaciones o un cambio significativo en la funcionalidad general de la UP.

El Sector identificado el listado de activos relacionados a la tipología de infraestructura de Riego, estos se detallan en el documento metodológico titulado *“Identificación de activos para los servicios de provisión de agua para riego, apoyo al*

desarrollo productivo agropecuario, apoyo al desarrollo productivo forestal sostenible del MIDAGRI”.

Tarea 2: Estimación de la oferta actual de la UP

La oferta actual en la situación “sin proyecto” corresponde a la producción máxima que se puede alcanzar, determinada por el activo con la capacidad más limitada o aquel que actúa como factor restrictivo en la UP. En el caso de los sistemas de riego, estos activos suelen incluir canales de conducción deteriorados, estructuras de captación subdimensionadas, compuertas en mal estado, equipos de bombeo ineficientes o ausentes, y sistemas de medición o control del caudal no operativos. Esta oferta hídrica está además condicionada por el volumen de agua aprobado mediante Resolución Administrativa de disponibilidad hídrica¹⁹. Identificar estos elementos permite orientar el diagnóstico y priorizar intervenciones que optimicen la eficiencia del sistema.

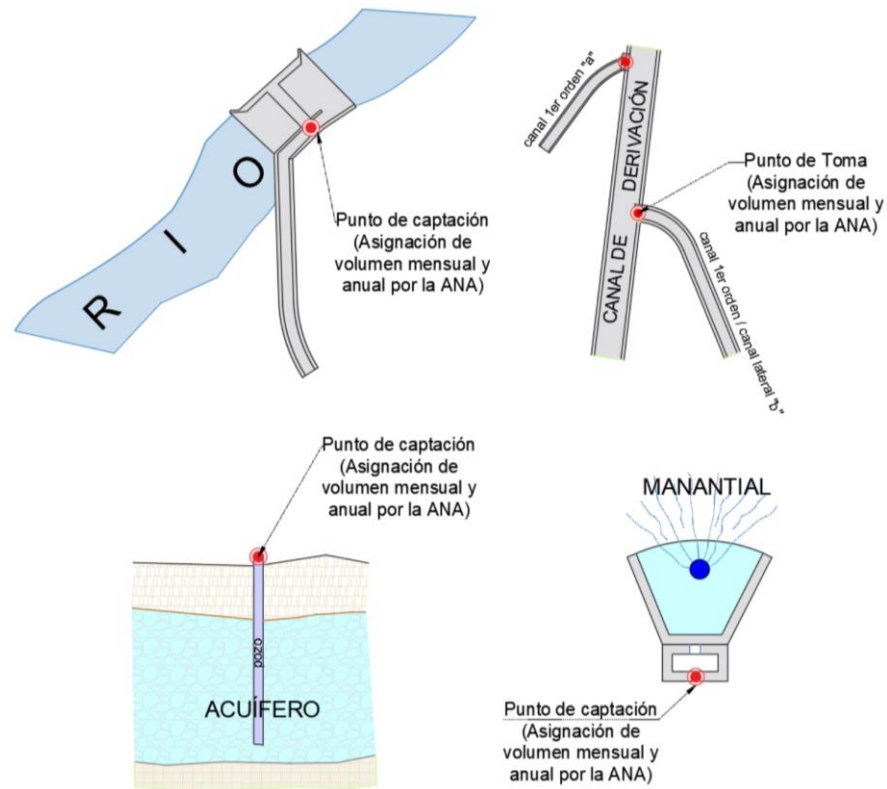
La capacidad de producción se mide tanto en términos de cantidad como de calidad de los servicios brindados durante un periodo determinado. En el caso de los sistemas de riego, la infraestructura hidráulica cumple un rol fundamental, ya que su capacidad de conducción condiciona el acceso, el volumen y la distribución del recurso hídrico entre los usuarios (expresado comúnmente en m³ o hm³). Para estimar esta capacidad de manera precisa, resulta clave aplicar la metodología de evaluación de los procesos y factores de producción de la Unidad Productora (UP), la cual permite analizar el estado de los activos, así como los factores técnicos y operativos que inciden en la prestación del servicio. Este análisis constituye la base técnica para identificar limitaciones y definir futuras intervenciones orientadas a mejorar la eficiencia del sistema.

En ese contexto, podemos indicar que la oferta hídrica es el volumen anual asignado en el punto de captación o en la toma de una fuente hídrica, por la Autoridad Nacional del Agua mediante una acreditación o licencia de uso de agua²⁰ a solicitud de una organización de usuarios de riego, de acuerdo a una demanda hídrica estimada para una determinada área agrícola que cuenta con un plan de cultivo anual.

¹⁹ Una Resolución Administrativa que reconoce la disponibilidad hídrica es un documento oficial emitido por una autoridad administrativa, como la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que declara la existencia y cantidad de agua disponible en una determinada cuenca o fuente hídrica. Esta resolución no autoriza la utilización del recurso hídrico, sino que establece la disponibilidad para que se pueda solicitar el derecho de uso del agua

²⁰ Este documento deberá ser incluida al momento de registrar el PI en el BI de acuerdo con la normativa establecida.

Gráfico 14. Oferta hídrica de la UP en el punto de captación



Elaboración propia.

Tarea 3: Proyección de la oferta en la situación “sin proyecto”

Para proyectar la oferta en la situación “sin proyecto” a lo largo del horizonte de evaluación, se debe tener en cuenta que la capacidad de la UP no siempre permanecerá constante, ya que puede verse afectada por factores como el deterioro progresivo de los activos durante el horizonte de evaluación. Si la capacidad de la oferta disminuye con el tiempo, la brecha que será abordada por el Proyecto de Inversión (PI) se ampliará.

A continuación, se presentan un conjunto de consideraciones para la estimación y proyección de la oferta en la situación “sin proyecto” (en el marco de la Tarea 2 y 3).

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 24. Consideraciones para la estimación y proyección de la oferta en la situación “sin proyecto” (Tarea 2 y Tarea 3)

Tipo de evaluaciones	Consideraciones	Ejemplos
Identificación del factor limitante.	Determinar cuál es el activo con menor capacidad o el proceso más limitado en la infraestructura de riego. Por ejemplo, puede ser un canal de conducción insuficiente para transportar el caudal necesario o reservorios incapaces de almacenar agua suficiente para la temporada seca.	Un canal principal diseñado para 10 m³/s que actualmente solo soporta 7 m³/s debido a daños estructurales. Reservorios con capacidad de 500 m³, cuando la demanda de la temporada requiere 800 m³.
Medición de la capacidad en cantidad y calidad.	Medir la capacidad del sistema de riego en términos de volumen de agua distribuido por unidad de tiempo y calidad del servicio (eficiencia de distribución, cobertura de tierras irrigadas).	Evaluar si un sistema distribuye 5,000 m³/día cuando la demanda es de 6,500 m³/día, o si las pérdidas de agua en la red representan más del 30%.
Uso de información recopilada del proceso de la UP.	Utilizar la información de la UP para evaluar la oferta actual, identificando limitaciones que afectan la capacidad y calidad del servicio.	Identificar que un sistema cubre el 70% de la superficie agrícola proyectada, pero el 30% restante carece de riego adecuado debido a deficiencias en la red secundaria.
Comportamiento futuro de los factores limitantes.	Proyectar cómo la capacidad del sistema podría disminuir con el tiempo debido al deterioro de activos, acumulación de sedimentos o falta de mantenimiento, reduciendo la capacidad de almacenamiento o distribución y aumentando la brecha hídrica.	Un reservorio cuya capacidad efectiva disminuye un 10% cada cinco años por acumulación de sedimentos. Una bomba que pierde eficiencia energética y reduce el caudal bombeado un 15% en 10 años.
Evaluación del mantenimiento y sustitución de activos.	Analizar si los activos reciben mantenimiento o sustitución adecuada. Identificar si un plan de mantenimiento preventivo podría mitigar el deterioro progresivo.	Un programa de limpieza de sedimentos cada tres años en reservorios que mantiene su capacidad en un 95%. Reemplazo de compuertas metálicas corroidas cada cinco años para evitar fugas.
Capacidad de la cuenca y fuentes hídricas posibles.	Analizar la capacidad de la cuenca para regular y almacenar agua, considerando la disponibilidad de fuentes alternativas en el territorio y su posible integración en el sistema.	Identificar que una cuenca puede almacenar 2,000 m³ con infraestructura actual y podría aumentarse a 3,500 m³ con un nuevo embalse. Evaluar la posibilidad de captar agua de un río adicional durante las temporadas de crecida.
Inventarios hídricos y su oferta.	Revisar los inventarios hídricos disponibles para evaluar la oferta actual y futura del sistema, considerando la distribución temporal de la disponibilidad de agua y su variabilidad anual o estacional.	Identificar que un inventario hídrico regional muestra una disponibilidad promedio de 12,000 m³/año, pero que durante años secos se reduce a 8,000 m³/año, afectando la capacidad del sistema.
Estimación de la capacidad durante el horizonte de evaluación.	Proyectar la capacidad del sistema considerando cuándo ciertos activos podrían perder funcionalidad y cómo ello afectará la demanda insatisfecha de agua.	Un sistema que pasa de cubrir el 90% de la demanda actual a solo el 60% en 15 años debido a la falta de intervenciones. Esto puede incluir incrementos de demanda por expansión agrícola y cambios en las precipitaciones debido al cambio climático.

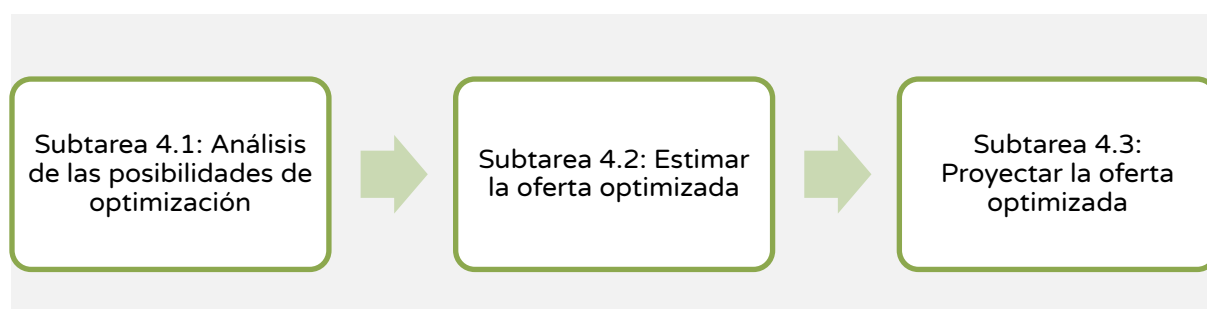
Elaboración propia.

Tarea 4: Estimación y proyección la oferta optimizada

La optimización busca identificar los factores productivos que limitan el servicio debido a su subutilización o mal uso. Mediante intervenciones menores, es posible corregir ineficiencias, mejorar el uso de estos factores y aumentar la capacidad de producción de una UP existente. Estimar la oferta optimizada es clave para dimensionar un Proyecto de Inversión (PI), ya que permite maximizar los activos actuales antes de optar por nuevas inversiones. Omitir este análisis puede resultar en una selección inadecuada de alternativas y generar costos de inversión más altos.

Para llevar a cabo la optimización y proyección de la oferta, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

Gráfico 15. Consideraciones para la Optimización de la oferta y su proyección



Fuente: MEF, 2024.

- **Subtarea 4.1: Análisis de las posibilidades de optimización**

A partir de la evaluación de los factores de producción, se procederá a analizar las posibilidades de optimizar la capacidad de la UP mediante intervenciones en los activos que limitan su rendimiento. Estos factores, conocidos como "cuellos de botella" o factores limitantes, pueden restringir la eficiencia del sistema de riego y, por ende, afectar la disponibilidad de agua para los usuarios.

Entre las medidas comunes para optimizar la oferta en un sistema de riego se pueden considerar las siguientes:

- Establecimiento de turnos adicionales de riego para mejorar la distribución del agua.
- Implementación de nuevos procedimientos para la gestión y distribución del recurso hídrico.
- Adaptación o mejora de infraestructuras, como canales, reservorios y otras estructuras, mediante pequeñas intervenciones.
- Reparación, reposición o mejora de elementos críticos como compuertas, tuberías, medidores de caudal y otros elementos esenciales.

Si, tras el análisis, no se identifican medidas viables de optimización, la oferta optimizada será equivalente a la oferta en la situación "sin proyecto".

● **Subtarea 4.2: Estimar la oferta optimizada**

La oferta optimizada de la UP se estima considerando la capacidad que se alcanzaría mediante la implementación de las medidas de optimización identificadas en la subtarea 4.1 para cada factor limitante susceptible de mejora. Estas medidas pueden involucrar mejoras en la infraestructura, la gestión operativa, la distribución del agua y el mantenimiento de los activos.

● **Subtarea 4.3: Proyectar la oferta optimizada.**

Finalmente, con base en el análisis de la evolución futura de los factores de producción, se proyectará la oferta optimizada para la fase de Funcionamiento, garantizando que el sistema de riego opere de manera eficiente y sostenible a lo largo del tiempo. Para la optimización y proyección de la oferta optimizada, debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Tabla 25. Consideraciones para la para la estimación y proyección de la oferta optimizada

Tipo de evaluaciones	Consideraciones
Identificación de factores subutilizados o mal empleados:	Verificar si existen componentes de la infraestructura de riego (como canales, bombas o reservorios) que no están operando a su máxima capacidad o no están siendo usados correctamente. Por ejemplo, un canal de riego puede tener una capacidad mayor a la que actualmente se utiliza; sin embargo, el diseño del sistema está basado en la disponibilidad de agua otorgada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). En algunos casos, para optimizar la operación del sistema, pueden ser necesarias modificaciones en la gestión, como la incorporación de reservorios nocturnos, que permiten almacenar agua durante períodos de baja demanda y aumentar la eficiencia del transporte y distribución en los momentos críticos.
Intervenciones menores:	- Reparación o ajustes menores en los sistemas de distribución: mejoras como la limpieza de canales, la reparación de pequeñas fisuras o fugas, o la calibración de sistemas de medición pueden eliminar ineficiencias y aumentar la capacidad sin necesidad de grandes inversiones. - Implementar prácticas más eficientes en la gestión del riego, como mejorar la coordinación entre los usuarios, ajustar los tiempos de riego o evaluar el plan de distribución del agua. Esto incluye revisar el cumplimiento del plan actual y establecer acuerdos con los usuarios para corregir programaciones de riego ineficientes o adaptar nuevas dotaciones, incrementando así la cantidad de tierra beneficiada por el sistema existente.
Optimización del uso de Recursos Hídricos	Valuar cuánta agua se pierde debido a fugas o evaporación y aplicar tecnologías para reducir estas pérdidas. Por ejemplo, revestir los canales con materiales que minimicen filtraciones o implementar tecnologías como el riego por goteo para una mejor eficiencia en la aplicación del agua.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tipo de evaluaciones	Consideraciones
	Ajustar los horarios y mecanismos de distribución para asegurar que todos los usuarios reciban una cantidad adecuada de agua, optimizando así el uso de los recursos hídricos disponibles.
Capacitación del personal y usuarios	Asegurar que el personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema, así como los usuarios finales, estén capacitados en el uso eficiente de los sistemas de riego y en las tecnologías implementadas, lo que puede aumentar significativamente la capacidad del sistema.
Capacidad actual vs. capacidad optimizada	- Comparar la capacidad productiva actual con la capacidad optimizada, considerando cómo las intervenciones menores (mejora en la gestión del agua, reducción de pérdidas, etc.) pueden incrementar la oferta de agua disponible para los agricultores. - Proyectar esta oferta optimizada en función de los recursos disponibles y los factores productivos que han sido mejorados.
Horizonte de Evaluación	Proyectar la capacidad del sistema optimizado a lo largo del horizonte de evaluación, tomando en cuenta que la optimización puede no ser permanente si los activos no reciben el mantenimiento adecuado. Se debe prever si las mejoras realizadas podrán sostenerse a lo largo del tiempo o si serán necesarias nuevas intervenciones.
Impacto del cambio climático	Considerar cómo las condiciones climáticas futuras pueden afectar la oferta optimizada. Si bien la optimización puede aumentar la eficiencia en el corto plazo, factores como sequías o variabilidad en las precipitaciones podrían limitar la capacidad a largo plazo. Esto debe ser proyectado para asegurar que la oferta optimizada sea sostenible en el futuro

Elaboración propia.

d) Paso 4: Análisis del riesgo de desastres de la UP.

Tener en cuenta, que para realizar el análisis de riesgo de desastres de la UP se deberá de seguir los lineamientos elaborados por el MIDAGRI, “*Lineamientos para la incorporación de la gestión del riesgo en un contexto de cambio climático en los proyectos de inversión relacionados a agua para riego en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones*” (MIDAGRI, 2020).

Asimismo, en el Anexo VII Gestión de Riesgo, se consigna un caso práctico para tomar como referencia para realizar el Análisis de Gestión de Riesgo. A continuación, se presentan algunos casos prácticos para la elaboración del diagnóstico de la Unidad Productora, basados en las consideraciones expuestas anteriormente.

Recuadro 3: Diagnóstico de la UP para proyectos de Infraestructura de Riego

Paso 1: Recopilación de información secundaria

Para realizar el diagnóstico de la UP, es fundamental comprender previamente el proceso operativo de la misma identificamos la gestión del servicio actual, los operadores pueden ser el gobierno nacional, gobierno regional, Junta de Usuarios, Comisiones y/o comité de Usuarios.

Para el caso de un PI de la naturaleza de “Mejoramiento” de la tipología Infraestructura de riego, la recopilación de información de fuentes secundarias, se realiza en función a la naturaleza y complejidad del proyecto.

Tabla 26. Recopilación de información de la UP – Mejoramiento

No	Información	Fuente
1	Cédula y Rendimiento de cultivos	Boletín Junta de Usuarios Santa Rita de Sigüas Plan de cultivo Anual – Páprika, cebolla, hortalizas, alfalfa y maíz.
2	Precios y costo de producción de los cultivos	Boletín Junta de Usuarios Santa Rita de Sigüas (JUSRS)
3	Áreas del proyecto	Planos catastrales de la JUSRS, Imágenes satelitales WGS 84.
4	Derecho de uso de agua para riego	Licencia de derecho de uso de agua emitida por el ANA o acreditación hídrica.
5	Porcentaje de recaudación de tarifa de agua, en los últimos años.	Organización de usuarios de riego (JUSRS)
6	Condición que se encuentran los Activos de la UP	Organización de usuarios (JUSRS)

Elaboración propia.

En el caso de un PI de la naturaleza “Creación” de la tipología Infraestructura de riego, las fuentes de información pueden ser las siguientes:

Tabla 27. Recopilación de información de la UP – Creación

No	Información	Fuente
1	Áreas de influencia del proyecto	- Planos catastrales de la Municipalidad distrital de Dan Pedro de Coris. - Imágenes satelitales WGS 84.
2	Requisitos para solicitar acreditación de uso de agua para riego	Procedimientos para la elaboración de documentos, publicados en la página web de la Autoridad Nacional del Agua.
3	Tenencia de terrenos	Área de influencia dónde se intervendrá deberá contar con Documentos mínimos que aseguren la disponibilidad de terrenos.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

4	Vías de comunicación y accesos para llegar al área de influencia.	- Mapa vial nacional y regional, de primer, segundo y tercer orden. - Servicio de telecomunicaciones en la
5	Información sobre el operador hidráulico del proyecto.	Unidad Ejecutora del MIDAGRI o Gobierno Regional

Elaboración propia.

Paso 2: Visita de la UP

Ejemplo de mejoramiento

Con la participación de los actores del proyecto, se recomienda llevar a cabo lo siguiente:

Tabla 28. Evaluación de campo de la UP – PI de Mejoramiento

Evaluaciones	Acciones	Análisis	Consideraciones
Inventario y evaluación de la infraestructura hidráulica existente	- Pérdidas de agua en la infraestructura hidráulica de riego. - Pérdida de agua en la aplicación del riego parcelario.	La infraestructura hidráulica de riego de Santa Rita de Sigüas tiene como componentes hidráulicos una captación, un canal de conducción y diez (10) tomas laterales con sus respectivos medidores de caudal para la distribución del agua. Se realizó la evaluación del canal principal, verificándose que la pérdida de agua es 917.7 l/m²/día, mayor que el recomendado como permisible o aceptable que oscila entre (20–50) l/m²/día. La aplicación del riego actual en las parcelas es localizado y superficial, cada usuario cuenta con sus equipos de riego.	- Revisión bibliográfica de materiales impermeables. - Canales de concreto: (20 – 50) l/m²/día (fuente: Canales Hidráulicos/José Liria Montañés). - Canales de arcilla consolidada 90 l/m²/día (Fuente: Food and Agriculture Organization – FAO)
Evaluación de la disponibilidad hídrica.	Análisis del caudal medio mensual disponible.	El agua proviene de la represa Condoroma y es captada del río Sigüas mediante una bocatoma, cuyo volumen medio anual es de 54.3 MMC.	- Licencia de uso de agua o Acreditación hídrica, emitidos por la Autoridad Nacional del Agua. - Para los casos que no tienen, el formulador deberá tramitar la acreditación ante el ALA, con un estudio hidrológico.
Evaluación de la Gestión de distribución del RRHH y organización de usuarios.	- Operador del sistema de riego. - Ingresos por recaudación de agua. - Plan de riego.	El Operador es la Junta de usuarios de Riego, conformado por tres comisiones de usuarios y controladores que monitorean los caudales en cada una de las diez tomas laterales mediante aforadores vertedor de garganta ancha que tiene una aproximación de lectura +-10%. Tienen una recaudación del 78% por tarifa de agua. Manejan un Plan de Gestión de distribución de riego por TURNOS con un cronograma de caudales que está en	- Conocer el manejo del riego actual mediante encuestas rápidas. - Un indicador de sostenibilidad es el % de recaudación de la tarifa de agua. $\%TR = \frac{R_{\text{anual}}}{T_a} \times 100$ %TR: Tarifa recaudada en porcentaje

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

		función a los cultivos que cada usuario haya declarado.	R: Recaudación, Ta: Tarifa programada S/.
Estudios básicos ²¹ necesarios que ayuden a tomar decisiones.	Hidrología, Geología, Geotecnia, agrología, Hidrogeología, Riesgos, Ambiental, Socioeconómico	Para este proyecto donde el problema se identificó pérdidas de agua por filtración en las paredes del canal existente, se realizó el estudio geotécnico en las zonas críticas para verificar la estabilidad del terreno.	Realizar los estudios básicos de acuerdo a las especificaciones técnicas señaladas en los TdR de la Entidad.

Elaboración propia.

Paso 3. Elaboración del diagnóstico

Tarea 1. Evaluación de los procesos y factores de producción de la UP

Se realiza la evaluación de los procesos y factores productivos de la UP, para ello se procesa la información recopilada en los pasos anteriores.

Tabla 29. Evaluación de los procesos y factores productivos de la UP

Evaluaciones	Análisis	Resultados	Consideraciones
De la infraestructura hidráulica de conducción y obras conexas.	- Identificación de las causas de las pérdidas de agua en cuáles de las infraestructuras hidráulicas afectan la producción de la UP. - Identificación de las causas que afecta la tecnología de aplicación del riego.	Los muros y base del canal de concreto existente pierde agua en un tramo 4.99 km, en promedio 917.7 l/m²/día; cuando éste debería ser de 50 l/m²/día en condiciones óptimas de revestimiento de concreto, para mejorar la provisión del servicio de agua de la UP.	- Medición de caudales por tramos en el canal evaluado. $Q_i - Q_s = Q_{\text{perdido}}$ - Mediante un infiltrómetro se puede estimar la permeabilidad de la caja del canal, si éste fuese de tierra (saturarlo) - Conociendo el tipo de suelo se estima la permeabilidad de manera indirecta con tablas.
Evaluación de la Gestión de distribución del RRHH y organización de usuarios.	- Identificación de las causas de ineficiencia en la operatividad del sistema de riego. - Evaluación de la eficiencia de la recaudación por tarifa de agua.	- Los aforadores y tomas evaluados en campo tienen una corrección de +/-10% de caudal durante su distribución. Estas infraestructuras han sido instaladas por los usuarios, y se podría optimizar el servicio de agua tan solo mejorando estas infraestructuras con poco costo, disminuyendo la corrección de +/-2% de caudal distribuido. - La eficiencia de recaudación de la tarifa de agua es de 78%, es	Los aforadores parshall, cresta ancha, tienen entre 1% y 2% de aproximación. (Manual de diseño hidráulico WinFlume)

²¹ Los estudios básicos (Hidrología, Geología, Geotécnica, Hidrogeología, Agrología, Riesgos, Ambiental, Socioeconómico) está en función a la naturaleza y complejidad del proyecto indicados por la Entidad.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

		un indicador que manifiesta el cumplimiento y participación activa de los usuarios, que asegura la sostenibilidad del servicio.	
Estudios básicos necesarios que ayuden a tomar decisiones.	Evaluar los resultados de los estudios básicos y analizar si algunos de ellos podrían poner en riesgo la producción del servicio de la UP.	Los resultados y análisis del estudio geotécnico indica que el material de fundación del tramo de canal agrietado se ha verificado concentración de material fino y tubificación en los espaldones de los muros que estaría comprometiendo la parte estructural del canal.	Los análisis técnicos, deben estar sustentados en Normas Técnicas y Reglamentos nacionales e internacionales.

Elaboración propia.

Tarea 2. Estimación de la oferta actual de la UP

En un proyecto de riego se tiene que considerar los siguientes criterios:

A) Oferta hídrica de la UP en el punto de captación.

Acreditación hídrica emitida por la ANA, cuya fuente son aguas superficiales (quebrada de régimen permanente). La asignación está dada en volúmenes mensuales mediante un estudio hidrológico y una demanda de un plan de cultivo anual solicitada por la Comunidad Campesina beneficiaria.

Gráfico 16. Acreditación hídrica Artículo 1 – Ejemplo 1

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Acreditar la disponibilidad hídrica superficial anual hasta: 274272.00 (m³/año) para el desarrollo del proyecto " AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO CONIN - UCHUHUAYTA, DISTRITO DE CHAVIN DE HUANTAR, PROVINCIA DE HUARI, REGION ANCASH ", por un periodo de dos (02) años, conforme al detalle siguiente:

Fuente de Agua			Quebrada TAYASH			
Ubicación Geográfica del Punto de Captación (WGS84 UTM)			ZONA:18 / Este: 265735.0000 / Norte: 8927690.0000 Altitud: 2595.00 msnm			
Ubicación Geográfica del Punto de Devolución (WGS84 UTM)			-----			
Localización de la Captación (margen)			-----			
Localización de la Devolución (margen)			-----			
Acreditación para Proyecto (m³)						
Ene : 0.000	Feb : 0.000	Mar : 5356.800	Abr : 23328.000	May : 37497.600	Jun : 36288.000	Jul : 40176.000
Ago : 42854.400	Set : 38880.000	Oct : 21427.200	Nov : 15552.000	Dic : 13392.000	Total :274752.000	

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Licencia de uso de agua emitida por la ANA, cuya fuente son las aguas subterráneas. La asignación está dada en volúmenes mensuales, mediante un estudio hidrogeológico y una demanda solicitada por los usuarios.

Gráfico 17. Licencia de agua emitida por el ANA, agua subterránea 2

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- Otorgar, vía formalización, licencia de uso de agua subterránea clase de uso productivo tipo de uso agrario con fines agrícolas proveniente del acuífero Huarmey a favor del Comité de Usuarios del Pozo Tubular N° 01- Lecheral Alto, según el siguiente detalle:

Titular del Derecho de uso de agua											
N°	Razón Social		DNI		U.C.		Volumen de agua otorgado (m³)		Módulo (m³/ha)		
1	Comité de usuarios del Pozo Tubular N° 01- Lecheral Alto		—		00426, 00438, 00442, 00452, 00456, 00486.01, 00446, 00865		269,568.00		6,739.20		
Datos del predio donde se hará uso del agua											
N°	U.C	Nombre	Área (ha.)		Centroide (Datum WGS 84 Zona 17 L)				Ubicación Política		
			Total	Bajo Riego							
1	00426	Lecheral	1.0994	1.0	E	813 920	N	8 884 524	Ancash	Huarmey	Huarmey
2	00438	Lecheral	5.9825	5.8	E	814 489	N	8 884 578	Ancash	Huarmey	Huarmey
3	00442	Lecheral	6.3846	6.3	E	813 863	N	8 884 782	Ancash	Huarmey	Huarmey
4	00452	Lecheral	6.8	6.7	E	814 784	N	8 884 307	Ancash	Huarmey	Huarmey
5	00456	Lecheral	5.0302	5.0	E	814 778	N	8 884 863	Ancash	Huarmey	Huarmey
6	00486.01	Lecheral	5.2552	5.2	E	814 862	N	8 884 458	Ancash	Huarmey	Huarmey
7	00446	Lecheral	8.6822	8.6	E	814 492	N	8 884 917	Ancash	Huarmey	Huarmey
	00685		1.4992	1.4		814 538		8 885 156			
Organización de Usuarios									Uso del Agua		
Junta de Usuarios			—						Clase	Productivo	
Comisión de Usuarios			—						Tipo	Agrario-Agrícola	
Comité de Usuarios			—						Acuífero	Huarmey	
N°	Fuentes de agua destinada para el aprovechamiento hídrico										
1	Origen	Subterráneo	Tipo	Acuífero	Nombre		Huarmey	IRHS	207		
	Ubicación de la captación	WGS 84 - Zona 17 L	E	815 042	N	8 884 963	Tipo de Captación	Tubular	Volumen (m³)	269,568.00	
	Dispositivo de medición		E	815 042	N	8 884 963	Marca	ISO 4064	Código	CLASS B	

Volumen Mensualizado del Pozo Tubular

IRHS	U.C.	Volúmenes de agua otorgados hasta (m³)											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
207	00426, 00438, 00442, 00452, 00456, 00486.01, 00446, 00865	0	0	0	0	0	0	0	0	67,392	67,392	67,392	67,392
		269,568											

Régimen de Explotación

Régimen de explotación					Características del pozo	
Caudal (l/s)	h/d	d/s	d/m	m/a	Profundidad (m.)	Diámetro (pulg.)
60.0	12	4	26	04	60.00	6.0

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Licencia de uso de agua emitida por la ANA, cuya fuente son las aguas superficiales de una fuente principal. Pero la asignación está dada en volúmenes mensuales a partir de un lateral de riego denominado bloque de riego, y la estimación de estos volúmenes está estimada mediante una planificación de riego de la infraestructura hidráulica mayor y una demanda solicitada por los usuarios.

Gráfico 18. Licencia de agua emitida por el ANA, aguas superficiales

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1º.- Extinguir parcialmente la licencia de uso de agua superficial para uso agrario, otorgada con Resolución Administrativa N° 0068-2022-ANA-AAA.CF-ALA.B, de fecha 27 de abril del 2022, que otorga licencia de uso de agua a la COMUNIDAD CAMPESINA DE SUPE SECTOR EL LIMAN, de hasta 243,918.56 m³ anuales proveniente del río Supe, para el riego del predio denominado "LIMAN" con Código N° **91821.01**, de **42.2349** has. de superficie bajo riego, ubicado en el Bloque de Riego Campiña de Supe, respecto al área transferida de **4.4000** has, manteniéndose la licencia de uso de agua para el área remanente, conforme al siguiente detalle:

Persona Natural o Jurídica										DNI/RUC		
COMUNIDAD CAMPESINA DE SUPE SECTOR EL LIMAN												
Lugar de uso del agua												
Datos de predio				Ubicación Política				Organización de Usuarios				
Código / Nombre		91821.01 / Liman		Distrito		Supe		Junta de Usuarios		Supe		
Área (ha) bajo riego		37.835		Provincia		Barranca		Sub Sector Hidráulico		Campiña de Supe		
Ubicación Geográfica (UTM-WGS84-Z18)		213844 E-8800100 N		Departamento		Lima		Comisión de Usuarios		Campiña de Supe		
Fuente de agua y volumen asignado								Bloque de riego y lateral de riego				
Fuente de agua				Río Supe				Bloque de Riego		Campiña de Supe - código PBAR-25-B01		
Tipo de Fuente / Tipo de Uso				Superficial/ Agrario				Lateral de Riego		CD Liman		
Volumen máximo otorgado (m3/año)				218,507.31								
Volumen asignado mensual en la cabecera de bloque (m3)												Volumen Total (m3/año)
MESES												
AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
3,552.97	3,020.02	4,085.91	3,908.26	8,527.11	25,936.64	56,136.83	50,007.98	34,996.70	15,721.87	7,816.52	4,796.50	218,507.31

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

B) Oferta hídrica del servicio en cabecera de parcela

Para proyectos de riego está definido el servicio en volúmenes de agua sobre un tiempo que para nuestro ejemplo de PI de mejoramiento lo definimos por año.

Tabla 30. Oferta actual de la UP

No	Análisis	Resultados	Método de estimación
1	Estimación de la disponibilidad hídrica en el Sistema de riego Santa Rita de Sigwas.	- Las pérdidas de agua al año en este tramo de canal se estiman en 4.39 hm³ anuales, que representa el 8.1% con respecto al volumen anual. (54.3 hm³), disponiendo 49.90 hm³. - El volumen es asignado por la Autoridad Local del Agua ALA-Colca-Siguas-Chivay; mediante una Licencia de agua para uso agrícola, siendo este recurso insuficiente para la agricultura intensiva que practican los usuarios de Santa Rita de Sigwas, cuyos productos son de agroexportación, habría una demanda insatisfecha de 4.88 hm³.	- Medición de caudales por tramos en el canal evaluado. Qi-Qs =Qperdido - Balance hídrico en la situación actual, se verifica la deficiencia del servicio.

Elaboración propia.

Tarea 3. Proyección de la oferta en la situación “Sin Proyecto”

La oferta hídrica en la situación sin proyecto será los volúmenes de agua asignados por la ANA en el punto de captación o de toma; y en el horizonte del proyecto se mantendrán los mismos volúmenes siempre que por causas externas de clima, antrópicas u otras, la asignación estas varíen.

Ejemplo 1: Volumen anual de agua asignado por la ANA

Tabla 31. Volumen anual de agua asignado por la ANA

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vasignado (hm³)	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3

Elaboración propia.

Sin embargo, con fines de proyectar la provisión del servicio de agua de riego en cabecera de parcela en el horizonte del proyecto, se debe tener en cuenta que la capacidad de la UP no siempre se va a mantener constante, dado que la infraestructura se irá deteriorando en los próximos años realizar la siguiente evaluación:

Para nuestro ejemplo proyectamos que el deterioro de la infraestructura hidráulica se incrementa, de tal manera que las pérdidas van aumentando en 0.2% con respecto al año anterior, nuestra proyección sería de la manera siguiente:

Evaluamos la oferta actual:

Disponibilidad Asignada ALA: 54.3 hm³

Eficiencia de conducción: 91.9%

Eficiencia de distribución: 90 %

Volumen actual (sin proyecto): $54.3 * 0.919 * 0.9 = 44.9 \text{ hm}^3$

$$V_n = V_a x (1 - p)^n$$

$$V_2 = 44.9x(1 - 0.002)^2 = 44.7$$

$$V_3 = 44.7x(1 - 0.002)^3 = 44.5$$

Tabla 32. Proyección del Volumen

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vn (hm³)	44.9	44.7	44.5	44.1	43.7	43.1	42.5	41.9	41.1	40.3

Elaboración propia.

En la situación sin proyecto en un horizonte de 10 años, la oferta hídrica disminuye progresivamente en 4.6 hm³.

Tarea 4. Estimación y proyección la oferta optimizada

La oferta hídrica optimizada en el punto de captación o en la toma, será el mismo volumen asignado por la ANA en su acreditación o licencia de uso de agua.

Tabla 33. Volumen anual de agua asignado por la ANA

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vasignado (hm ³)	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3	54.3

Elaboración propia.

Sin embargo, con fines de proyectar la provisión del servicio de agua de riego en cabecera de parcela, la oferta optimizada se enfoca a identificar factores productivos que restringen una adecuada prestación del servicio. Por ejemplo, para un proyecto de riego de naturaleza mejoramiento, la optimización está relacionada con la operación y mantenimiento del sistema de riego.

Subtarea 4.1: Análisis de las posibilidades de optimización.

- Análisis de la Operación

De acuerdo con el diagnóstico tenemos que, en Santa Rita de Sigüas, el porcentaje de la recaudación de tarifa de agua es de 78%; este porcentaje tendría que mejorar para implementar los medidores de caudal y controlar con mayor precisión los caudales de distribución del agua que actualmente tienen un +/-10% de error de caudal. (90% de eficiencia).

- Análisis del mantenimiento del sistema de riego

El mantenimiento del servicio no contempla la reparación de tramos de canal que se encuentran en malas condiciones debido a que presentan fisuras y/o agrietamientos que producen fuertes filtraciones. Se podría gestionar la reparación de varios tramos, mediante el incremento de la tarifa de agua, que permitiría disminuir las filtraciones, pero se incrementa el costo del servicio de provisión de agua.

Subtarea 4.2.- Estimar la oferta optimizada

Como resultado de un incremento de la recaudación de la tarifa de agua para una mejora en el servicio de agua para riego, podríamos señalar que los instrumentos calibrados que se instalarían para una mejor lectura de los caudales en las estructuras existentes; la eficiencia de distribución se incrementa de 90% a 93%. A continuación, se presenta el análisis.

(i) Distribución optimizada del Sistema de riego Santa Rita de Sigüas se tiene la siguiente información:

- Las tomas de distribución están operativas, pero tiene deficiencia de control: 1%
- Tienen medidores de caudal en la distribución, y están calibradas: 1%
- Los canales de distribución que conducen hacia cabecera de parcela son de tierra: 5%

En ese sentido, las pérdidas estimadas son: $1 + 1 + 5 = 7\%$; la eficiencia de distribución sería 93%.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

- (ii) Asimismo, si se realizan las reparaciones de los tramos que presentan agrietamiento o rajaduras con mortero de concreto, se proyecta que disminuye las pérdidas de agua de 8.1% a 6% en la línea de conducción.

Subtarea 4.3. Proyectar la oferta optimizada

Sobre la base del análisis de la oferta optimizada, con las mejoras en la operación y mantenimiento realizada por la Junta de Usuarios permanentemente durante todos los años, podemos estimar la oferta optimizada de la siguiente manera:

Eficiencia de conducción: 93 %
Eficiencia de distribución: 94 %
Disponibilidad Asignada ALA: 54.3 hm³
Volumen sin proyecto: 47.5 hm³

Se proyecta que las pérdidas en la conducción se incrementarían en 0.1% cada año progresivamente.

Tabla 34. Proyección de la oferta optimizada

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vn (hm ³)	47.5	47.4	47.3	47.1	46.8	46.6	46.2	45.9	45.5	45.0

Elaboración propia.

Paso 4: Análisis del riesgo de desastres de la UP

Un peligro es un evento de origen natural, socio natural o antrópico con probabilidad de ocurrir y que por su magnitud y/o características puede causar daños y pérdidas en una UP. En un proyecto de riego, la interrupción del servicio de agua puede generar daños significativos. A continuación, se detallan las tareas relacionadas con el análisis de riesgos:

Para nuestro caso de un PI de la naturaleza de mejoramiento de la tipología de Infraestructura de Riego

Tarea 1.- Determinación del grado de exposición: El área de la UP, se ubica en zona de vida Desierto Deseado-Subtropical, ocupa la parte baja de los valles costeros. En esta zona se presenta una precipitación mínima y se desarrolla una agricultura muy limitada dependiente del riego. El peligro identificado es la Sequía.

Tarea 2.- Evaluar la fragilidad de la UP: La UP depende de la infraestructura hidráulica mayor que es la represa Condoroma y sus obras conexas, las que son operadas por otra Entidad especializada; y la infraestructura hidráulica menor, operada por la Junta de usuarios de Santa Rita de Sigüas, (50 años de vida útil) ambas infraestructuras no han tenido fallas que pongan en riesgo la provisión del servicio de agua para riego; sin embargo, la infraestructura hidráulica menor, que depende directamente de la Junta de Usuarios está siendo mantenida y monitoreada permanentemente y no se han identificado peligros que expongan en riesgos las estructuras.

Tarea 3.- Resiliencia de la UP. – Los volúmenes de agua asignado a la Junta de Usuarios Santa Rita de Sigüas, depende de la precipitación en las partes altas que se regulan y almacenan en la represa Condoroma, existen años secos donde la precipitación disminuye considerablemente, y el plan de contingencia de los usuarios de riego para la siguiente

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

campana es disminuir las áreas cultivadas e ir incorporando mejoras en la eficiencia de aplicación mediante la instalación en sus parcelas con riego localizado.

Tarea 4.- Identificación de daños y pérdidas. – En años secos se ha identificado lo siguiente:

- Pérdida de la capacidad de producción parcial de la actividad agrícola.
- Disminución de ingresos por la actividad agroeconómica en la población.
- Incremento de los costos de producción agrícola.

Recuadro 4: Diagnóstico de la UP para proyectos de Riego Tecnificado

Paso 1: Recopilación de información secundaria

Para realizar el diagnóstico de la UP se identifique que el problema de la provisión del servicio de agua está en la aplicación del riego al cultivo. Se debe identificar la gestión del servicio actual y la tecnología de aplicación del riego en las parcelas por parte de los usuarios. Los operadores pueden ser, Junta de Usuarios, Comisiones y/o comité de Usuarios y/o Grupos de Gestión dispuestos a mejorar su aplicación del riego.

Tabla 35. Recopilación de información de la UP: tipología Riego Tecnificado

Información	Fuente
Rendimiento de cultivos	Organización de usuarios de riego - Boletín anual del MINAGRI
Precios y costo de producción de los cultivos	Organización de usuarios de riego - Boletín anual del MINAGRI
Áreas del proyecto	Registros en la SUNARP de Planos catastrales del área intervenida.
Derecho de uso de agua para riego	Acreditación emitida por el ANA/ Licencia de uso de agua.
Plan Anual de Cultivos: Cédula de Cultivo sembrada en los últimos años.	Organización de usuarios de riego “...”
Recaudación de tarifa de agua	Organización de usuarios de riego “...”
Condición que se encuentran los Activos de la UP	Organización de usuarios (JUSRS)

Elaboración propia.

Paso 2: Visita de la UP

Tipología de Riego tecnificado

Con la participación de los actores del proyecto, se recomienda llevar a cabo lo siguiente:

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las
tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 36. Evaluación de campo de la UP – Mejoramiento / Riego Tecnificado

Evaluaciones	Acciones	Tareas en campo	Consideraciones técnicas
Inventario y evaluación de la infraestructura hidráulica existente	Pérdidas de agua en la infraestructura de hidráulica de distribución. Pérdida de agua en la aplicación del riego parcelario.	La infraestructura hidráulica de distribución conformado por canales de tierra y las tomas que van hacia las cabeceras de parcelas son de piedras y champas. La aplicación del riego en las parcelas se emplea el riego por superficie (surcos) y está aplicación del agua tiene una eficiencia del 50%, por lo que urge disminuir el déficit hídrico.	Revisión bibliográfica de materiales impermeables. - Canales de concreto: (20 – 50) l/m²/día (fuente: Canales Hidráulicos/José Liria Montañés). - Canales de arcilla consolidada 90 l/m²/día (Fuente: Food and Agriculture Organization – FAO) - Se recomienda al formulador utilizar la tabla “Evaluación de campo de la UP – Creación / Infraestructura de riego” para considerar la eficiencia de aplicación.
Evaluación de la disponibilidad hídrica.	Análisis del caudal medio mensual disponible.	El comité está conformado por dos bloques, el bloque La Muralla con una dotación de 147 893 m ³ /año y el bloque Tres Piedras tiene una dotación de 115 028 m ³ /año, ambos bloques cubren un área de 36 ha. (Licencia de agua RD N°1685-2019-ANA-AAA-CH.CH.	- Licencia de uso de agua o Acreditación hídrica, emitidos por la Autoridad Nacional del Agua. - Para los casos que no tienen, el formulador deberá tramitar la acreditación ante el ALA, con un estudio hidrológico.
Evaluación de la Gestión de distribución del RRHH y organización de usuarios.	Operador del sistema de riego. Ingresos por recaudación de agua. Plan de riego.	El Operador en este Sistema de riego es el Comité de usuarios Muralla-Tres Piedras. Tienen una recaudación del 80% por tarifa de agua para la operación y mantenimiento. Manejan un Plan de Gestión de distribución de riego por TURNOS con un cronograma de caudales que está en función a los cultivos que cada usuario declare.	- Conocer el manejo del riego actual mediante encuestas rápidas. - Un indicador de sostenibilidad es el % de recaudación de la tarifa de agua. $\%TR = \frac{R_{anual}}{T_a} \times 100$ %TR: Tarifa recaudada en porcentaje R: Recaudación, Ta: Tarifa programada S/.
Estudios básicos necesarios que ayuden a tomar decisiones.	Análisis Agrológico de los suelos y análisis socio-económico.	Para este proyecto donde el problema se identifica pérdidas de agua por filtración en la aplicación del riego, se realiza la extracción de suelos con fines de riego y para el análisis agrológico y pruebas de infiltración, con fines de optimizar los tiempos y turnos de riego durante la aplicación.	Para esta tipología de proyecto, es fundamental realizar el análisis de suelos completa: - Rutina (pH, CE, MO, P, K, carbonatos, textura, CIC) - Salinidad y sodicidad - Parámetros hídricos: CC, PM, densidad aparente.

Elaboración propia.

Paso 3. Elaboración del diagnóstico

Tarea 1. Evaluación de los procesos y factores de producción de la UP

Procesamiento de información recopilada en los pasos anteriores

Tabla 37. Análisis y resultados del diagnóstico UP Riego tecnificado

Evaluaciones	Acciones	Análisis y Resultados (ejemplo 3)	Consideraciones técnicas
Inventario y evaluación de la infraestructura hidráulica existente	Pérdidas de agua en la infraestructura hidráulica de distribución. Pérdida de agua en la aplicación del riego parcelario.	La infraestructura hidráulica de distribución es deficiente, se ha verificado que no hay un buen control y tiempos de repartimiento de caudales en las parcelas, además las pérdidas de caudal son fuertes, el tipo de suelo es franco arcilla-arenosa. Se estima una eficiencia de distribución 80%. El área intervenida es de 24.5 ha para el bloque La Muralla, cuya aplicación del riego en las parcelas se emplea el riego por superficie (surcos) y está aplicación del agua tiene una eficiencia del 50%.	- Medición de caudales por tramos en el canal evaluado. $Q_i - Q_s = Q_{perdido}$ - Mediante un infiltrómetro se puede estimar la permeabilidad de la caja del canal, si éste fuese de tierra (saturarlo)
Evaluación de la disponibilidad hídrica.	Análisis del caudal medio mensual disponible.	Para el bloque La Muralla, el agua se capta de un canal de 2do orden y tienen una dotación de 147,893 m ³ /año.	Realizar el balance hídrico en la situación actual, para verificar la deficiencia del servicio.
Evaluación de la Gestión de distribución del RRHH y organización de usuarios.	Operador del sistema de riego. Ingresos por recaudación de agua. Plan de riego.	El Operador del sistema de riego es el Comité de usuarios La Muralla – Tres Piedras. Sin embargo, con fines de distribución del riego se dividen en dos bloques, y los usuarios de la Muralla, son los que han conformado un Grupo de Gestión de innovación para acceder al riego tecnificado. Tienen una recaudación del 80% por tarifa de agua para la operación y mantenimiento. Manejan un Plan de Gestión de distribución de riego por TURNOS con un cronograma de caudales que está en función a los cultivos que cada usuario declare.	Los aforadores parshall, cresta ancha, tienen entre 1% y 3% de aproximación. (ver manual de diseño hidráulico WinFlume). Es importante conocer si el riego es por TURNOS o a la DEMANDA, ya que éste tiene influencia sobre el diseño de la aplicación del riego.
Estudios básicos	Análisis Agrológico de los suelos ²² y	Para este tipo de proyecto, se realizó el análisis de suelos con	El análisis técnico de la aplicación del riego debe

²² Para proyectos de media complejidad y alta complejidad es fundamental realizar estudio agrológico detallado como señala la norma del MIDAGRI.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

necesarios que ayuden a tomar decisiones.	análisis socioeconómico.	finés de riego, siendo los resultados de textura franco arcilla-arenoso, cuya infiltración máxima en suelos saturado es de 10 mm/hr y una disponibilidad de humedad de 1.5mm/cm.	estar sustentado en Normas Técnicas y Reglamentos nacionales e internacionales.
---	--------------------------	--	---

Elaboración propia.

Tabla 38. Eficiencia de aplicación de agua para diferentes sistemas de riego

<i>Riego por superficie</i>	30%	<i>a</i>	80%
Riego por surco	50%	<i>a</i>	70%
Riego por melgas o fajas	60%	<i>a</i>	75%
Riego por Inundación	60%	<i>a</i>	80%
Riego por Inundación permanente	30%	<i>a</i>	40%
<i>Riego por Aspersión</i>	65%	<i>a</i>	85%
<i>Riego por Goteo</i>	75%	<i>a</i>	95%

Fuente: Revisión Bibliográfica²³

Tabla 39. Valores de intervalos de humedad disponible en los diferentes suelos por unidad de profundidad y velocidad de infiltración máxima

Tipo de Suelo	Intervalo de humedad disponible (*)	Promedio (mm/cm)	Velocidad de infiltración máxima (mm/h)
Arena de textura muy gruesa	0.33 – 0.62	0.40	19 – 25.5
Arenas de textura gruesa, arenas finas y arenas margosas	0.60 – 0.85	0.70	12.5-19
Franco – arenosas de textura medianamente gruesa y franco-arenosos finos	0.85 – 1.45	1.15	12.5
Franco-arenosos muy fino, francos, franco-arcillo-arenoso y franco-limosos	1.25 – 1.90	1.60	10.0
Franco-arcillosos de textura medianamente fina y franco-arcillo-limosos	1.45 – 2.10	1.80	7.5
Arcillas arenosas de textura fina, arcillas limosas y arcilla	1.35 – 2.10	1.95	5.0

Fuente: José M.^a Tarjuelo Martín-Benito “El Riego por Aspersión y su Tecnología”

(*) **Intervalo de humedad (IHD)** es la humedad comprendida entre **CC** y **Pm**, pero no toda esta humedad está disponible en el suelo para la planta, de aquí sólo una porción denominada **Nivel de Agotamiento Permisible** que

²³ Revisión Bibliográfica: FAO, CEPES, MIDAGRI (TÉCNICAS DE RIEGO “José Luis Fuentes Yagüe”) (RIEGO LOCALIZADO “Fernando Pizarro”)

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

normalmente varía entre 30% y 65% es tomado por el cultivo y éste varía para cada cultivo y dentro de cada uno de ellos para diferentes periodos vegetativos.

Tarea 2. Estimación de la oferta actual de la UP

A) Oferta hídrica de la UP en el punto de captación.

La oferta hídrica es el volumen anual asignado en el punto de captación o en la Toma de una fuente hídrica, por la Autoridad Nacional del Agua mediante una acreditación o Licencia de uso de agua a solicitud de una organización de usuarios de riego, de acuerdo a una demanda hídrica estimada para una determinada área agrícola que cuenta con un plan de riego.

B) Oferta hídrica del servicio en cabecera de parcela

La oferta actual es igual a la producción que se puede alcanzar con aquel activo que tenga la menor capacidad y/o que limite o defina la capacidad en la UP. La capacidad de producción se debe entender en términos de cantidad y calidad de un bien o servicio y es medida como la cantidad de servicios ofrecidos en una unidad de tiempo. En este contexto nuestro variable de relevancia para el análisis es el agua (la oferta hídrica) y éste lo evaluaremos en cabecera de parcela, para tal fin se requiere evaluar la eficiencia de aplicación del servicio similar al ejemplo realizado en la tipología Infraestructura de riego.

Tarea 3. Proyección de la oferta en la situación “Sin Proyecto”

La oferta hídrica en la situación sin proyecto, será los volúmenes de agua asignados por la ANA en el punto de captación o de toma; y en el horizonte del proyecto se mantendrán los mismos volúmenes siempre que por causas externas de clima, antrópicas u otras, la asignación de estas varíe.

Tarea 4. Estimación y proyección la oferta optimizada

La oferta hídrica optimizada en el punto de captación o en la toma, será el mismo volumen asignado por la ANA en su acreditación o licencia de uso de agua.

Paso 4: Análisis del riesgo de desastres de la UP

Un peligro es un evento de origen natural, socio natural o antrópico con probabilidad de ocurrir y que por su magnitud y/o características puede causar daños y pérdidas en una UP. Para un proyecto de riego la interrupción del servicio de agua puede producir probables daños que a continuación se desarrolla:

Tarea 1.- Determinación del grado de exposición: En la UP se han identificado tres peligros que se encuentran expuestos al servicio de agua a nivel parcelario: (1) La estructura de captación tiene exposición al peligro de huaycos en época de lluvias, (2) la línea de conducción está expuesta a derrumbes y (3) las parcelas de riego están expuestas a peligro de inundaciones por crecida del río Pisco.

Tarea 2.- Evaluar la fragilidad de la UP: La infraestructura hidráulica de la UP no está en buenas condiciones estructurales, dado que el canal de conducción es de tierra impermeabilizado con geo sintético, y la captación está compuesto por un barraje fusible.

Tarea 3.- Resiliencia de la UP. – La población directa afectada realizan con sus propios medios todos los años la rehabilitación del barraje fusible en la captación y la impermeabilización de su canal de conducción con un material geo sintético.

Tarea 4.- Identificación de daños y pérdidas. – En caso de interrupción del servicio de agua por rotura de alguna obra de infraestructura hidráulica se ha identificado lo siguiente:

Pérdida de la capacidad de producción parcial de la actividad agrícola.

i) Disminución de ingresos por la actividad agroeconómica en la población.

Incremento de los costos de producción agrícola.

2.4 Otros agentes involucrados

Se consideran otros agentes involucrados a aquellos grupos de población, distintos de los agricultores o usuarios directos del sistema de riego, que participan en alguna fase del ciclo de inversión del proyecto. El diagnóstico de otros agentes involucrados (instituciones, personas, organizaciones, etc.) tiene como objetivo identificar:

- **Percepción de la problemática:** Analizar cómo se percibe la situación negativa asociada a la infraestructura de riego, así como las causas y consecuencias que se derivan de dicha percepción.
- **Expectativas e intereses:** Determinar cuáles son sus expectativas e intereses respecto a la solución de los problemas relacionados con el sistema de riego. Estos intereses pueden variar según la relación que tengan con la intervención, e incluye aspectos como la necesidad de ceder terrenos para servidumbre de paso, expropiaciones, o enfrentar impactos ambientales temporales (ruidos, polvos en suspensión) o permanentes (modificación del paisaje, afectación de otros recursos hídricos, etc.). Se consideran, además, factores específicos del grupo, como género, cultura, costumbres y modos de vida.
- **Participación en el ciclo de inversiones:** Evaluar la disposición o capacidad de estos agentes para involucrarse en las distintas fases del ciclo de inversiones, especialmente durante las fases de ejecución y operación del sistema de riego. Esto permitirá gestionar el apoyo necesario y promover compromisos que aseguren la sostenibilidad del proyecto.
- **Percepción sobre riesgos climáticos:** Investigar cómo perciben los riesgos asociados al cambio climático, así como la posibilidad de que el proyecto de riego se vea afectado por fenómenos climáticos en la zona o por las variaciones observadas en las condiciones climáticas en los últimos años. Con base en este diagnóstico, los agentes involucrados pueden clasificarse en dos categorías según su actitud frente al proyecto.
- **Cooperantes:** Incluyen a personas u organizaciones sociales que apoyan el desarrollo del proyecto de riego. Esto puede abarcar desde comunidades dispuestas a otorgar facilidades, como servidumbres de paso o derechos de agua, hasta aquellas que participan activamente en la toma de decisiones o aportan recursos de diversa índole para la ejecución del proyecto. Asimismo, se consideran cooperantes a las entidades que elaboran documentos técnicos para la fase de formulación y evaluación, a las

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

entidades encargadas del financiamiento y la ejecución de la inversión, y a las responsables de la operación y mantenimiento del sistema de riego. También se incluyen las autoridades que emiten licencias, permisos, autorizaciones o certificaciones necesarias para la ejecución del proyecto.

- **Oponentes:** Se refiere a personas, grupos u organizaciones que podrían verse afectados negativamente por la intervención, ya sea en su patrimonio, medios de vida o acceso al agua. Este grupo puede incluir propietarios que enfrenten expropiaciones, agricultores que consideran que su acceso al recurso hídrico podría verse afectado, o cualquier colectivo que perciba riesgos para sus actividades económicas o sociales. Estos agentes pueden llegar a dificultar el cumplimiento de los objetivos del proyecto e incluso promover la generación de conflictos sociales relacionados con la intervención.

Para un proyecto que busca la “creación del Servicio de Provisión de Agua para Riego, el trabajo de campo realizado mediante encuestas y entrevistas permitió elaborar una matriz de involucrados que facilita la identificación y clasificación de estos agentes.

Tabla 40. Ejemplo de Matriz de involucrados para el PI “creación del Servicio de Provisión de Agua para Riego”

Grupos Involucrados	Situación Negativa Percibida	Intereses o Expectativas de Involucrados	Estrategias del PI	Acuerdos y Compromisos
Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego	Baja capacidad de los productores agrarios en la producción y articulación al mercado	Conducir, fomentar y promover el desarrollo competitivo, sostenible y descentralizado del sector agrario, articulándolo al mercado, contribuyendo a la seguridad alimentaria y reducción de la pobreza rural del país.	Emitir las normas respectivas que fomentan la distribución de recursos para el mejoramiento de la actividad agraria	Fomentar programas conducentes a mejorar la tecnificación del agro y su articulación efectiva al mercado
Programa Sub sectorial de Irrigaciones	Baja capacidad de organización de agricultores con fines productivos y de comercialización	Fomentar el desarrollo integral y sostenible de los sistemas de riego a nivel nacional, mejorando la infraestructura, fortaleciendo las organizaciones de usuarios de agua, tecnificando el riego, contribuyendo en mejorar la eficiencia del riego y por ende al incremento de la rentabilidad del agro.	Optimizar la gestión del recurso agua para riego	Promover programas para reducir la pobreza rural, mejorar el aprovechamiento de recursos hídricos y aumentar la producción agrícola. Gestionar financiamiento para la ejecución del Proyecto
Municipalidad Distrital de Haquira	Familias dedicadas a la producción agropecuaria, perciben bajos ingresos monetarios, por sus bajos niveles de producción y escasa vinculación al mercado.	Promover el mejoramiento de la calidad de vida de los productores agropecuarios de Haquira, a través del acceso a: infraestructura de riego tecnificada, adecuadas tecnologías de producción y conexión directa a mercados locales y regionales	Contribuir a la sostenibilidad del Proyecto	Desde la Dirección de Desarrollo Económico Local, se brindará continua asistencia técnica a las familias productoras.
Beneficiarios del Proyecto	Infraestructura de riego con problemas en su captación y conducción.	Buenas condiciones de la infraestructura de riego bajo los cuales irrigan sus parcelas. Mayor producción de cultivos para la venta. Rentabilidad de	Elaborar y ejecutar mecanismos adecuados de comunicación orientado a los	Participar activamente en las actividades programadas en el Proyecto.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Grupos Involucrados	Situación Negativa Percibida	Intereses o Expectativas de Involucrados	Estrategias del PI	Acuerdos y Compromisos
	Uso de técnicas tradicionales de riego.	los cultivos que siembran. Adecuado nivel de vida.	beneficiarios del Proyecto, a fin de alcanzar los objetivos y metas propuestas	Participar activamente en las actividades operativas y de mantenimiento de la infraestructura de riego
Pobladores de la comunidad de Qqueuñapampa que no forman parte directa del área de influencia del sistema de riego	Percepción de exclusión del proyecto; temor a que el nuevo sistema afecte su acceso actual al recurso hídrico (por posible redireccionamiento de caudales); preocupación por alteración del paisaje o uso de tierras comunales sin consulta.	Garantizar el mantenimiento de su acceso al recurso hídrico; evitar afectaciones a sus terrenos comunales; ser informados y consultados sobre las decisiones que puedan afectar su entorno o recursos	Talleres de diálogo con todas las comunidades del ámbito; incorporación de representantes de Qqueuñapampa en el Comité de Gestión del PI; difusión de los estudios técnicos sobre disponibilidad hídrica y los impactos.	Actas de reuniones comunitarias con acuerdos sobre la no afectación del recurso hídrico de la comunidad; compromiso de respeto a los usos y costumbres comunales; participación en la vigilancia social del proyecto.

Fuente: Estudio de Preinversión a nivel de perfil de nominado: “Creación del Servicio de Provisión de Agua para Riego, para los Sistemas de Riego Ccosama, Leulichayoc–Pampa, Gallo–Huaccana, Pachac–Taccsana–Mayo y Ccocharara, en las Comunidades Campesinas de Patan, Ccocharara, Qqueuñapampa, Ccayao y Huista, del Distrito de Haqira, Provincia de Cotabambas, Departamento de Apurímac”

Definición del problema, sus causas y sus efectos

Para definir el problema de manera efectiva, es fundamental realizar un diagnóstico integral y riguroso, siguiendo las directrices establecidas en este manual. Este diagnóstico debe identificar claramente las causas que originan el problema y los efectos que éste genera en la población afectada.

En el marco de los proyectos de riego, el problema central suele estar relacionado con la escasez o ineficiencia en el uso del recurso hídrico, lo que repercute negativamente en la producción agrícola y, por ende, en el bienestar socioeconómico de la población beneficiaria. A continuación, se escribe el proceso para identificar adecuadamente dicho problema, analizando las causas subyacentes (como la falta de infraestructura, la deficiente gestión del agua o los efectos del cambio climático) y sus efectos, tales como la disminución de rendimientos agrícolas y el aumento de la vulnerabilidad económica de las comunidades.

2.5 Problema central

El problema central se refiere a la situación negativa que ha sido corroborada a través del análisis exhaustivo de la información recopilada durante el diagnóstico. Este problema afecta total o parcialmente a la población dentro del área de influencia del proyecto y debe abordarse de manera efectiva para lograr los objetivos planteados.

En el marco de los proyectos de riego, la identificación del problema debe partir de una necesidad insatisfecha relacionada con el acceso o la gestión del agua para riego, enfocándose desde la perspectiva de la demanda del servicio. Es decir, se trata de

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

identificar qué necesidades específicas de la población no están siendo cubiertas, como la carencia de infraestructura de riego adecuada, la escasez de agua o la ineficiencia en su distribución.

En los proyectos de inversión en infraestructura de riego, el problema central suele estar vinculado a dos situaciones principales:

1. **Falta de acceso al servicio de riego:** La población agrícola no cuenta con un sistema de riego adecuado, lo que limita su capacidad productiva y representa una brecha de cobertura en el marco de la Programación Multianual de Inversiones.

Ejemplo: Una comunidad de agricultores no cuenta con canales de riego o con un sistema eficiente para el abastecimiento de agua, lo que afecta directamente la producción agrícola, ya que dependen únicamente de las lluvias estacionales.

2. **Acceso inadecuado al servicio de riego:** El servicio de riego existente no cumple con los estándares necesarios para asegurar la eficiencia y sostenibilidad en la gestión del agua. Esto se manifiesta como una brecha de calidad.

Ejemplo: Los agricultores cuentan con un sistema de riego, pero debido a su deterioro o diseño deficiente, se pierde un alto porcentaje del agua por filtraciones o el suministro no es constante, lo que reduce significativamente la productividad de los cultivos.

Una vez identificado el problema central, es fundamental respaldarlo con evidencia cuantitativa y cualitativa que lo respalde. Para esto, se debe utilizar información obtenida en el diagnóstico, como el porcentaje de tierras agrícolas que no cuentan con riego o la cantidad de agua desperdiciada debido a infraestructura ineficiente. Este diagnóstico se debe traducir en indicadores claros que reflejan la magnitud del problema.

El problema central debe cumplir con los siguientes criterios:

- **Competencia del Estado:** La solución debe recaer dentro de las competencias del Estado, como la provisión y mejora de infraestructura pública de riego.
- **Especificidad del problema:** El problema debe ser claro, bien delimitado y gestionable dentro de un único proyecto de inversión. Por ejemplo, la instalación de un sistema de riego tecnificado en una zona específica debe abordar la brecha identificada sin necesidad de recurrir a proyectos complementarios.
- **Posibilidad de explorar soluciones:** El problema identificado debe permitir la evaluación de varias alternativas de solución. Esto podría incluir opciones como la construcción de reservorios o la implementación de sistemas de riego por goteo.

Es fundamental que la determinación del problema en un proyecto de riego se realice a través de un diagnóstico. Este diagnóstico debe permitir identificar con precisión las causas

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

y las posibles soluciones para resolver el problema de manera eficaz. Si bien es útil tomar como referencia las experiencias de proyectos previos, es esencial tener en cuenta la diversidad geográfica y climática del país, lo que implica que las soluciones deben adaptarse al contexto local para garantizar su viabilidad y efectividad. De manera general y referencial, se plantean los siguientes problemas:

Tabla 41. Identificación del problema para un proyecto de la tipología de infraestructura de riego

Problema central	Naturaleza del Servicio	Indicador
Insuficiente servicio de provisión de agua para riego	Creación	<u>Indicador de cobertura</u> Porcentaje de superficie agrícola sin riego.
	Ampliación y Mejoramiento	<u>Indicador de cobertura</u> Porcentaje de superficie agrícola sin riego. <u>Indicador de calidad</u> Porcentaje de sistemas de riego que operan en condiciones inadecuadas
Deficiente servicio de provisión de agua para riego	Mejoramiento Recuperación	<u>Indicador de calidad</u> Porcentaje de sistemas de riego que operan en condiciones inadecuadas.

Elaboración propia.

En cuanto a la tipología de Riego Tecnificado, de manera general y referencial, se plantean los siguientes problemas:

Tabla 42. Identificación del problema para un proyecto de la tipología de riego tecnificado

Problema central	Naturaleza del Servicio	Indicador
Deficiente servicio de provisión de agua para riego en sistema de riego parcelario	Mejoramiento	<u>Indicador de cobertura</u> Porcentaje de superficie agrícola sin riego tecnificado.

Elaboración propia.

A continuación, presentamos ejemplos para la correcta identificación del problema central del proyecto.

Tabla 43. Identificación del problema para un proyecto de la naturaleza de creación

Problema Central	Indicadores (evidencias del problema)
La población de la localidad de Santa Rita de Sigüas no accede al servicio de provisión de agua para riego para sus terrenos de producción agrícolas.	El problema refleja en la insuficiencia de cobertura del servicio en el área de influencia del proyecto. <u>Sobre la cobertura:</u> El 100% de las áreas en producción dentro del área de influencia son terrenos potencialmente aptos para riego.

Elaboración propia.

Tabla 44. Identificación del problema para un proyecto de la naturaleza de mejoramiento

Problema Central	Indicadores (evidencias del problema)
La población del sector de riego comité 11, canal lateral 18 accede de manera inadecuada al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas.	El problema refleja en la insuficiencia de cobertura del servicio en el área de influencia del proyecto. <u>Sobre la cobertura:</u> El 20% de las áreas en producción dentro del sistema de riego no tienen cobertura del servicio adecuada, lo que genera que no se proporcione los requerimientos de agua necesarios para un adecuado desarrollo y reducción de los rendimientos de los cultivos instalados. <u>Sobre la calidad del servicio:</u> 1) El servicio que se brinda actualmente provee solo el 60% del volumen de agua requerido para cubrir los requerimientos de los cultivos autorizados por la Autoridad Nacional del Agua, mediante Resolución Administrativa. 2) El recurso hídrico conducido por el sistema de riego no cumple con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, que se enmarca en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. 3) El volumen de agua captado en la fuente natural es en un 85% del volumen requerido por los usuarios, en forma oportuna y cantidad requerida. Elaboración propia.

Tabla 45. Identificación del problema para un proyecto de la naturaleza de ampliación

Problema Central	Indicadores (evidencias del problema)
La población de la Irrigación Huantuc – Chuquis – Huancan no accede al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas, y la población que accede al servicio lo recibe de forma inadecuada.	El problema refleja en la insuficiencia de cobertura del servicio en el área de influencia del proyecto. <u>Sobre la cobertura:</u> El 100% de las áreas en producción dentro del sistema de riego tienen cobertura del servicio adecuada, Asimismo existe en el área de influencia del sistema actual 80 ha potencialmente aptos para riego. Es necesario solicitar la disponibilidad hídrica. <u>Sobre la calidad del servicio:</u> 1) El servicio que se brinda actualmente provee el 100% del volumen de agua requerido para cubrir los requerimientos de los cultivos autorizados por la Autoridad Nacional del Agua, mediante Resolución Administrativa. 2) Existe un volumen de 1 Hm³, no utilizado en la fuente natural de donde se deriva las aguas al sistema de riego, el cual ha sido aprobado para su utilización por la Autoridad Administrativa del Agua. 3) Existe en el área de influencia 100 ha de áreas potencialmente agrícolas y son aptas para el riego, que

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Problema Central	Indicadores (evidencias del problema)
	actualmente no tienen servicio de provisión de agua para riego. 4) El recurso hídrico conducido por el sistema de riego no cumple con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, que se enmarca en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Elaboración propia.

Tabla 46. Identificación del problema para un proyecto de la naturaleza de recuperación

Problema Central	Indicadores (evidencias del problema)
La población del Sector Gorgorillo y Tauripón, no accede al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas, debido al colapso de la Unidad Productora de infraestructura de riego.	El problema refleja en la insuficiencia de cobertura del servicio en el área de influencia del proyecto. <u>Sobre la cobertura:</u> El 20% de las áreas en producción dentro del sistema de riego tienen cobertura del servicio adecuada. <u>Sobre la calidad del servicio:</u> 1) El servicio que se brinda actualmente provee solo el 20% del volumen de agua requerido para cubrir los requerimientos de los cultivos autorizados por la Autoridad Nacional del Agua, mediante Resolución Administrativa. 2) El volumen de agua captado en la fuente natural es en un 25% del volumen requerido por los usuarios, en forma oportuna y cantidad requerida. Elaboración propia.

Tabla 47. Identificación del problema para un proyecto de la naturaleza de mejoramiento – Riego Tecnificado

Problema Central	Indicadores (evidencias del problema)
La población del Sector La Muralla, accede de manera inadecuada al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas, por el uso de inadecuadas técnicas de riego.	El problema refleja en la insuficiencia de cobertura del servicio en el área de influencia del proyecto. <u>Sobre la cobertura:</u> El 100% de las áreas en producción dentro del sistema de riego no tienen cobertura del servicio adecuada, debido al ineficiente uso del recurso hídrico por parte de los usuarios en sus parcelas <u>Sobre la calidad del servicio:</u> 1) El servicio que se brinda actualmente provee solo el 60% del volumen de agua requerido para cubrir los requerimientos de los cultivos autorizados por la Autoridad Nacional del Agua, mediante Resolución Administrativa. 2) El volumen de agua captado en la fuente natural es en un 85% del volumen requerido por los usuarios, en forma oportuna y cantidad requerida.

Problema Central	Indicadores (evidencias del problema)
	3) Los niveles de eficiencia del uso del recurso hídrico en las áreas de producción se estiman en un 45%, lo que afecta a la producción agrícola

Elaboración propia.

2.6 Análisis de causas

Este análisis se centra en extraer y organizar los resultados obtenidos del diagnóstico del territorio, la población afectada, la Unidad Productora (UP) y otros actores involucrados en el proyecto. Para ello, es fundamental aplicar la relación de causa-efecto a través del árbol de problemas, lo que facilitará una comprensión clara del problema central y sus orígenes.

Para una mejor organización, las causas se clasifican en dos categorías principales:

- **Causas directas (CD):** Son aquellas que explican de manera inmediata el problema central y pueden identificarse desde dos perspectivas:
 1. **Causas vinculadas a la oferta:** Estas provienen del análisis del desempeño de los **factores de producción** de la UP en el proceso de prestación del servicio de riego. Un ejemplo de ello es la infraestructura de riego obsoleta o deficiente que impide una distribución eficiente del agua a las parcelas.
 2. **Causas vinculadas a la demanda:** Asociadas a factores externos que limitan el acceso al servicio de riego. Estas pueden incluir barreras económicas, culturales o geográficas que dificultan el acceso de los agricultores al sistema de riego. Por ejemplo, la lejanía de los agricultores respecto a las fuentes de agua o la falta de conocimiento sobre el uso eficiente del riego tecnificado.
- **Causas indirectas (CI):** Son aquellas que explican el origen de las causas directas. Identificar es crucial para diseñar soluciones efectivas y sostenibles. Por ejemplo, la falta de mantenimiento de la infraestructura de riego puede deberse a un presupuesto estatal insuficiente o a una gestión deficiente de los recursos hídricos por parte de las entidades locales. Estos factores permiten elaborar soluciones integrales que aborden tanto las causas directas como sus raíces profundas.

2.7 Análisis de efectos

Los efectos deben organizarse según su relación con el problema central y estructurarse en una cadena causal. En este proceso, es importante distinguir entre:

- **Efectos Directos (ED):** Impactan de manera inmediata a la población afectada por el problema identificado.
- **Efectos Indirectos (EI):** Se relacionan con sectores o mercados vinculados al área de intervención del proyecto de inversión, generando repercusiones más amplias.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Además, es crucial identificar el efecto final, que debe estar vinculado tanto a los efectos directos como a los indirectos. Este efecto final refleja la contribución del proyecto a las políticas sectoriales, regionales o locales, alineando la intervención con los objetivos más amplios del desarrollo.

El sustento de los efectos directos e indirectos puede basarse en diversas fuentes de información, como literatura especializada, opiniones de expertos, indicadores cuantitativos y cualitativos, fotografías y testimonios. Esta evidencia fortalece la argumentación y justificación de los efectos previstos, asegurando que estén respaldados por información sólida y relevante.

A continuación, se presenta una matriz que sintetiza la evidencia de los efectos, junto con un gráfico del árbol de causas y efectos. Es fundamental que estos efectos se deriven directamente del diagnóstico, por lo que resulta esencial realizar un análisis exhaustivo que aborde integralmente la problemática y siga las pautas establecidas en esta guía.

Tabla 48. Identificación de efectos - Caso Creación

Efecto del Problema	Sustento (evidencias)
ED: Bajo nivel de producción agrícola	La falta de recurso hídrico en calidad, cantidad y oportunidad ocasiona la reducción de los rendimientos y la productividad de los cultivos instalados en el área de influencia del proyecto.
EI: Bajos ingresos de los productores agrarios	El diagnóstico del territorio nos muestra que la falta de recurso hídrico en calidad, cantidad y oportunidad ocasiona los bajos rendimientos de los cultivos instalados en la zona del proyecto y por ende los ingresos percibidos por los productores agrarios se reducen campaña a campaña.
EI: Pérdida de capital de trabajo	El diagnóstico del territorio nos muestra que los productores agrícolas usuarios de agua para riego con la baja productividad y los bajos precios de los productos en los mercados ocasionan la reducción del capital de trabajo luego de cada cosecha de cultivos.
ED: Bajo nivel de competitividad	La falta de recurso hídrico en calidad, cantidad y oportunidad ocasiona la reducción de los rendimientos y la calidad de los productos finales campaña a campaña.
EI: Bajo nivel de inserción al mercado.	El diagnóstico del territorio nos muestra que los productores agrícolas al no contar con productos de calidad y de bajo nivel de producción y productividad, no pueden ingresar al mercado nacional e internacional.
EI: Abandono de la actividad agrícola	El diagnóstico del territorio nos muestra que, como consecuencia de la pérdida de la competitividad de los productores agrícolas en el área de influencia del proyecto, los productores se dedican a otras actividades para cubrir sus ingresos mensuales.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Elaboración propia.

Tabla 49. Identificación de efectos - Caso Mejoramiento

Efecto del Problema	Sustento (evidencias)
ED: Bajo nivel de oferta de productos agrícolas al mercado	La falta de recurso hídrico en cantidad y oportunidad ocasiona la reducción de los rendimientos y la productividad de los cultivos instalados en el área de influencia del proyecto.
EI: Bajos ingresos de los productores agrarios	El diagnóstico del territorio nos muestra que la falta de recurso hídrico en calidad, cantidad y oportunidad ocasiona los bajos rendimientos de los cultivos instalados en la zona del proyecto y por ende los ingresos percibidos por los productores agrarios se reducen campaña a campaña.
EI: Pérdida de capital de trabajo	El diagnóstico del territorio nos muestra que los productores agrícolas usuarios de agua para riego con la baja productividad y los bajos precios de los productos en los mercados ocasionan la reducción del capital de trabajo luego de cada cosecha de cultivos.
ED: Disminución del grado de integración al mercado	El diagnóstico nos muestra que, la baja productividad y producción de los productos agrícolas en el área de influencia del proyecto ocasionan que éstos no puedan ingresar a nuevos mercados o salgan de los mercados actuales.
EI: Migración	La disminución de la integración al mercado de los productores agrícolas en el área de influencia del proyecto ocasiona que dichos productores y sus familias piensen en ir a otras ciudades en busca de un bienestar y cubrir sus ingresos mensuales.
EI: Abandono de la actividad agrícola	El diagnóstico del territorio nos muestra que, como consecuencia de la disminución del grado de integración al mercado de los productores agrícolas en el área de influencia del proyecto, los productores se dedican a otras actividades para cubrir sus ingresos mensuales.

Elaboración propia.

Planteamiento del Proyecto

Una vez identificado con claridad el problema central, sus causas y efectos, es posible proceder con el planteamiento del proyecto. Esto implica definir la situación deseada que se pretende alcanzar tras la ejecución del proyecto de inversión (PI). En este proceso, se establecen el objetivo central, los medios para alcanzarlo y los fines que se lograrán, lo cual queda sintetizado en el Árbol de Medios y Fines. Este análisis es fundamental para identificar las alternativas viables de solución.

El Árbol de Medios y Fines se desarrolla en dos etapas:

1. **Conversión de las causas en medios:** Las causas del problema se transforman en los medios necesarios para lograr el objetivo central, que en este caso es la solución del problema.
2. **Conversión de los efectos en fines:** Los efectos del problema se convierten en los fines que se alcanzarán como resultado de haber logrado el objetivo central.

2.8 Objetivo central

El objetivo central representa la situación deseada que se pretende alcanzar tras la intervención del proyecto. Este objetivo debe estar estrechamente vinculado con la solución del problema central, La forma más efectiva de definirlo es describiendo la situación futura que se alcanzará una vez resuelto el problema.

Ojo: Es fundamental evitar la formulación del objetivo central de manera imprecisa o poco realista. Asimismo, en el objetivo central del proyecto no deben incluirse las alternativas de solución, ni debe describirse el producto (Unidad Productora) que se espera crear o modificar como resultado del proyecto de inversión.

De manera general, a continuación, se presentan algunos ejemplos de objetivos para proyectos de infraestructura de riego:

Tabla 50. Objetivos para proyectos de la tipología de infraestructura de riego

Objetivo Central	Naturaleza del Servicio	Indicador
Suficiente servicio de provisión de agua para riego	Creación	<u>Indicador de cobertura</u> Porcentaje de superficie agrícola con riego.
	Ampliación y mejoramiento	<u>Indicador de cobertura</u> Porcentaje de superficie agrícola con riego. <u>Indicador de calidad</u> Porcentaje de sistemas de riego que operan en condiciones adecuadas
Eficiente servicio de provisión de agua para riego	Mejoramiento	<u>Indicador de calidad</u> Porcentaje de sistemas de riego que operan en condiciones adecuadas.
	Recuperación	

Elaboración propia.

De manera general, a continuación, se presentan algunos ejemplos de objetivos para proyectos de riego tecnificado:

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 51. Objetivos para proyectos de la tipología de riego tecnificado

Objetivo central	Naturaleza del Servicio	Indicador
Eficiente servicio de provisión de agua para riego en sistema de riego parcelario	Mejoramiento	<u>Indicador de cobertura</u> Porcentaje de superficie agrícola con riego tecnificado.

Elaboración propia.

A continuación, se presentan algunos ejemplos que ilustran la construcción del objetivo central del proyecto en la siguiente tabla:

Tabla 52. Ejemplos para la construcción del objetivo central del proyecto

Problema Central	Objetivo Central
Creación	
La población de la localidad de Santa Rita de Sigwas no accede al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas.	La población de la localidad de Santa Rita de Sigwas accede al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas.
Mejoramiento	
La población del sector de riego comité 11, canal lateral 18 accede de manera inadecuada al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas.	La población del sector de riego comité 11, canal lateral 18 accede de manera adecuada al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas.
Ampliación	
La población de la Irrigación Huantuc – Chuquis – Huancan no accede al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas, y la población que accede al servicio lo recibe de forma inadecuada.	La población de la Irrigación Huantuc – Chuquis – Huancan accede al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas, y la población que accede al servicio lo recibe de forma inadecuada.
Recuperación	
La población del Sector Gorgorillo y Tauripón, accede al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas, debido al colapso de la infraestructura de riego	La población del Sector Gorgorillo y Tauripón, accede al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas, debido al colapso de la infraestructura de riego
Mejoramiento – Riego Tecnificado	
La población del Sector La Muralla, accede de manera inadecuada al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas.	La población del Sector La Muralla, accede de manera adecuada al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas.

Elaboración propia.

2.9 Los medios para alcanzar el objetivo

Para alcanzar el objetivo central, es fundamental abordar las causas que originan el problema. En este proceso:

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

- Las Causas Directas (CD) se transforman en Medios de Primer Nivel (MPN), que representan las primeras acciones a tomar para solucionar el problema.
- Las Causas Indirectas (CI), al encontrarse en un nivel más profundos, se convierten en Medios Fundamentales (MF), cuyo tratamiento es esencial para garantizar soluciones sostenibles y efectivas a largo plazo.

A continuación, se presentan tablas con ejemplos de medios vinculados al objetivo central del proyecto, ajustados a la naturaleza de la intervención.

Tabla 53. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Creación (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Mayor)

Causa del Problema	Medios del Proyecto
CD: Inadecuado acceso al recurso hídrico para riego	MPN: Adecuado acceso al recurso hídrico para riego
CI: Inexistencia de infraestructura de almacenamiento	MF: Existencia de infraestructura de almacenamiento
CI: Inexistencia de infraestructura de captación	MF: Existencia de infraestructura de captación
CI: Inexistencia de infraestructura de conducción	MF: Existencia de infraestructura de conducción
CD: Inadecuada capacidad para la gestión de agua para riego	MPN: Adecuada capacidad para la gestión de agua para riego
CI: Limitaciones para la organización de usuarios en la gestión de RR HH	MF: Organización de usuarios en la gestión de RR HH formalizada.

Elaboración propia.

Tabla 54. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Creación (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Menor)

Causa del Problema	Medios del Proyecto
CD: Inadecuado acceso al recurso hídrico para riego	MPN: Adecuado acceso al recurso hídrico para riego
CI: Inexistencia de infraestructura de almacenamiento	MF: Existencia de infraestructura de almacenamiento
CI: Inexistencia de infraestructura de captación	MF: Existencia de infraestructura de captación
CI: Inexistencia de infraestructura de distribución	MF: Existencia de infraestructura de distribución
CD: Inadecuada capacidad para la gestión de agua para riego	MPN: Adecuada capacidad para la gestión de agua para riego
CI: Limitaciones para la organización de usuarios en la gestión de RR HH	MF: Organización de usuarios en la gestión de RR HH formalizada.

Elaboración propia.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 55. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Mejoramiento (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Mayor)

Causa del Problema	Medios del Proyecto
CD: Insuficiente disponibilidad de agua para riego	MPN: Suficiente disponibilidad de agua para riego
CI: Inadecuada infraestructura de almacenamiento	MF: Adecuada infraestructura de almacenamiento
CI: Inadecuada infraestructura de captación	MF: Adecuada infraestructura de captación
CI: Inadecuada infraestructura de conducción	MF: Adecuada infraestructura de conducción
CD: Deficiente gestión de agua para riego	MPN: Eficiente gestión de agua para riego
CI: Débil organización del operador hidráulico en la gestión	MF: Fuerte organización del operador hidráulico en la gestión
CI: Deficiente operación y mantenimiento del sistema de riego	MF: Eficiente operación y mantenimiento del sistema de riego
CI: Limitada capacidad de respuesta ante la interrupción del servicio	MF: Adecuada capacidad de respuesta ante la interrupción del servicio

Elaboración propia.

Tabla 56. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Mejoramiento (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Menor)

Causa del Problema	Medios del Proyecto
CD: Insuficiente disponibilidad de agua para riego	MPN: Suficiente disponibilidad de agua para riego
CI: Inexistencia infraestructura de almacenamiento	MF: Existencia infraestructura de almacenamiento
CI: Inadecuada infraestructura de captación	MF: Adecuada infraestructura de captación
CI: Inadecuada infraestructura de distribución	MF: Adecuada infraestructura de distribución
CI: La infraestructura de distribución está en riesgo frente a deslizamientos.	MF: La infraestructura de distribución está protegida frente a deslizamientos.
CD: Deficiente gestión de agua para riego	MPN: Eficiente gestión de agua para riego
CI: Débil organización del operador hidráulico en la gestión	MF: Fuerte organización del operador hidráulico en la gestión
CI: Deficiente operación y mantenimiento del sistema de riego	MF: Eficiente operación y mantenimiento del sistema de riego
CI: Limitada capacidad de respuesta ante la interrupción del servicio	MF: Adecuada capacidad de respuesta ante la interrupción del servicio

Elaboración propia.

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 57. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Ampliación y mejoramiento (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Mayor)

Causa del Problema	Medios del Proyecto
CD: Insuficiente disponibilidad de agua para riego	MPN: Suficiente disponibilidad de agua para riego
CI: Inadecuada infraestructura de almacenamiento	MF: Adecuada infraestructura de almacenamiento
CI: Inadecuada infraestructura de captación	MF: Adecuada infraestructura de captación
CI: Inadecuada infraestructura de conducción	MF: Adecuada infraestructura de conducción
CD: Deficiente gestión de agua para riego	MPN: Eficiente gestión de agua para riego
CI: Débil organización del operador hidráulico en la gestión	MF: Fuerte organización del operador hidráulico en la gestión
CI: Deficiente operación y mantenimiento del sistema de riego	MF: Eficiente operación y mantenimiento del sistema de riego
CI: Limitada capacidad de respuesta ante la interrupción del servicio	MF: Adecuada capacidad de respuesta ante la interrupción del servicio

Elaboración propia.

Tabla 58. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Recuperación (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Menor)

Causa del Problema	Medios del Proyecto
CD: Insuficiente disponibilidad de agua para riego	MPN: Suficiente disponibilidad de agua para riego
CI: Inadecuada infraestructura de captación	MF: Adecuada infraestructura de captación
CI: Inadecuada infraestructura de distribución	MF: Adecuada infraestructura de distribución
CI: La infraestructura de distribución está en riesgo frente a deslizamientos.	MF: La infraestructura de distribución está protegida frente a deslizamientos.
CD: Deficiente gestión de agua para riego	MPN: Eficiente gestión de agua para riego
CI: Débil organización del operador hidráulico en la gestión	MF: Fuerte organización del operador hidráulico en la gestión
CI: Deficiente operación y mantenimiento del sistema de riego	MF: Eficiente operación y mantenimiento del sistema de riego
CI: Limitada capacidad de respuesta ante la interrupción del servicio	MF: Adecuada capacidad de respuesta ante la interrupción del servicio

Elaboración propia.

Tabla 59. Ejemplo de la identificación de los medios del proyecto de riego - Caso Mejoramiento – Riego Tecnificado (Unidad Productora – Operador Infraestructura Hidráulica Menor)

Causa del Problema	Medios del Proyecto
CD: Insuficiente disponibilidad de agua para riego	MPN: Suficiente disponibilidad de agua para riego

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Causa del Problema	Medios del Proyecto
CI: Inadecuada infraestructura de captación	MF: Adecuada infraestructura de captación
CI: Inadecuada infraestructura de distribución	MF: Adecuada infraestructura de distribución
CI: La infraestructura de distribución está en riesgo frente a deslizamientos.	MF: La infraestructura de distribución está protegida frente a deslizamientos.
CD: Deficiente gestión de agua para riego	MPN: Eficiente gestión de agua para riego
CI: Débil organización del operador hidráulico en la gestión	MF: Fuerte organización del operador hidráulico en la gestión
CI: Deficiente operación y mantenimiento del sistema de riego	MF: Eficiente operación y mantenimiento del sistema de riego
CI: Limitada capacidad de respuesta ante la interrupción del servicio	MF: Adecuada capacidad de respuesta ante la interrupción del servicio
CD: Limitada implementación de innovaciones tecnológicas	MPN: Adecuada implementación de innovaciones tecnológicas
CI: Limitado conocimiento de técnicas de riego	MF: Adecuado conocimiento de técnicas de riego
CI: Inadecuado equipamiento para el riego parcelario.	MF: Adecuado equipamiento para el riego parcelario.

Elaboración propia.

2.10 Los fines del proyecto

Al alcanzar el objetivo central del proyecto de inversión, se generan una serie de impactos positivos para la población beneficiaria. Estos beneficios pueden extenderse a terceros, dependiendo del alcance del proyecto y de los actores involucrados. Estos efectos positivos, conocidos como los fines del proyecto, representan los logros concretos y las mejoras resultantes de la ejecución, consolidando así el impacto y la sostenibilidad de la inversión.

En concordancia con lo expuesto anteriormente, a continuación, se presentan algunos ejemplos para identificar los fines vinculados al objetivo central del proyecto de riego.

Tabla 60. Ejemplo de la identificación de los fines del proyecto de riego - Caso Creación

Efecto del Problema	Fines del proyecto
ED: Bajo nivel de producción agrícola	FD: Alto nivel de producción agrícola
EI: Bajos ingresos de los productores agrarios	FI: Altos ingresos de los productores agrarios
EI: Pérdida de capital de trabajo	FI: Adecuado Capital de trabajo
ED: Bajo nivel de competitividad	FD: Alto nivel de competitividad
EI: Bajo nivel de inserción al mercado.	FI: Alto nivel de inserción al mercado.
EI: Abandono de la actividad agrícola	FI: La actividad agrícola se fortalece

Elaboración propia.

Tabla 61. Ejemplo de la identificación de los fines del proyecto de riego - Caso Mejoramiento

Efecto del Problema	Fines del proyecto
ED: Bajo nivel de oferta de productos agrícolas al mercado	FD: Alto nivel de oferta de productos agrícolas al mercado

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Efecto del Problema	Fines del proyecto
El: Bajos ingresos de los productores agrarios	FI: Altos ingresos de los productores agrarios
El: Pérdida de capital de trabajo	FI: Adecuado Capital de trabajo
ED: Disminución del grado de integración al mercado	FD: Incremento del grado de integración al mercado
El: Migración.	FI: Los productores agrarios se mantienen en la zona del proyecto
El: Abandono de la actividad agrícola	FI: La actividad agrícola se fortalece

Elaboración propia.

Para los proyectos de riego, es fundamental definir indicadores de resultados que permitan evaluar, durante la Fase de Funcionamiento del PI, el grado de cumplimiento del objetivo central y su contribución al propósito final. Estos indicadores deben reflejar mejoras en la eficiencia del uso del agua, el incremento de la productividad agrícola y la sostenibilidad del sistema de riego. Posteriormente, estos indicadores deberán integrarse en la Matriz de Marco Lógico para garantizar su seguimiento y evaluación.

En el anexo VI se presentan ejemplos de árbol de causas y efectos y medios y fines para las tipologías de infraestructura de riego y riego tecnificado.

En este contexto, es importante asegurar la coherencia entre los términos utilizados en el árbol de medios y fines y en el marco lógico.

Tabla 62. Correspondencia de conceptos y términos

Árbol de Medios - Fines	Marco Lógico
Fines: • Fin Último • Fin Indirecto • Fin Directo	Fin
Objetivo central	Propósito
Medios de primer nivel	Componentes

Fuente: MEF, 2014.

2.11 Planteamiento de la alternativa de solución

Una vez definido el objetivo central del proyecto y establecidos los medios fundamentales, es necesario formular las alternativas de solución. Estas deben estar alineadas con el objetivo central y cumplir con los siguientes criterios:

- **Viabilidad técnica:** Las acciones propuestas en cada alternativa deben ser factibles y ejecutables dentro de las capacidades del proyecto. Esto implica considerar la disponibilidad de recursos, tecnología y personal capacitado.
- **Pertinencia:** Las alternativas deben adecuarse a la realidad local y estar diseñadas para abordar eficazmente el problema identificado. Además, deben cumplir con las

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

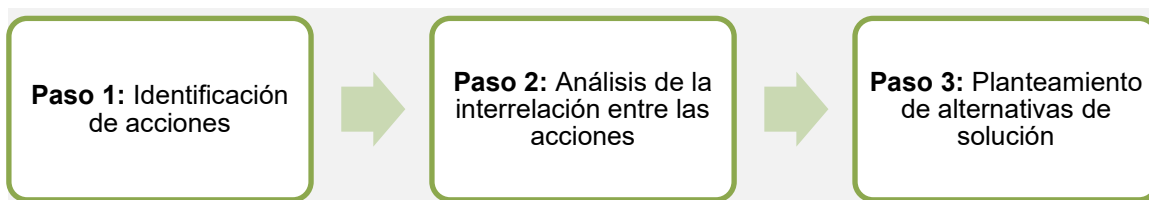
normativas técnicas y regulatorias aplicables al proyecto, asegurando su viabilidad y sostenibilidad.

- **Comparabilidad:** Las alternativas deben ofrecer un nivel de servicio similar, lo que permite realizar un análisis efectivo para seleccionar la opción más adecuada. Esto facilita la evaluación de costos y beneficios asociados a cada alternativa, asegurando decisiones informadas y óptimas.

Las alternativas de solución son opciones derivadas del análisis de los medios fundamentales, cuyo propósito es lograr el objetivo central del proyecto de inversión. En ese sentido, una alternativa de solución se define como un conjunto de acciones orientadas a alcanzar los medios fundamentales. por lo general, cada acción genera o modifica un activo, el cual puede integrarse una Unidad Productora o contribuir al acceso a su servicio. Estas acciones pueden estar vinculadas tanto a la demanda como a la oferta del servicio, dependiendo de la naturaleza del proyecto y su impacto en los beneficiarios.

Para identificar adecuadamente la alternativa de solución, es necesario seguir los siguientes pasos:

Gráfico 19. Pasos para el planteamiento de la alternativa de solución



Elaboración propia.

- **Paso 1. Identificación de acciones**

Para cada medio fundamental (asociado a una causa indirecta), es crucial identificar todas las acciones posibles que permitan alcanzar dichos medios. La efectividad de las alternativas de solución dependerá de la exhaustividad en esta identificación.

Es posible que más de una acción permita alcanzar un mismo un medio fundamental; sin embargo, cada acción debe ser técnicamente viable, cumplir con las normas técnicas y políticas, alinearse con los intereses de los beneficiarios y considerar posibles oposiciones a su implementación.

Para facilitar su gestión en la fase de ejecución, las acciones se organizan en componentes. Inicialmente, pueden agruparse por medios de primer nivel, aunque la Unidad Formuladora también puede estructurarlas según su criterio técnico y experiencia, garantizando una organización coherente y eficiente.

- **Paso 2: Análisis de la interrelación entre las acciones**

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Una vez identificadas las acciones vinculadas a cada medio fundamental, es necesario analizar su interrelación. Existen tres posibles relaciones entre ellas:

- *Mutuamente excluyentes*: No pueden ejecutarse simultáneamente dentro del mismo proyecto; es decir, se debe optar por una u otra.
- *Complementarias*: Deben implementarse de manera conjunta.
- *Independientes*: Pueden ejecutarse sin depender de la implementación de otras acciones.

Asimismo, las acciones pueden implicar la creación o modificación de un activo dentro de la Unidad Productora (UP). En este caso, el conjunto de acciones está diseñado para garantizar la implementación y operación efectiva del servicio de la UP.

Las principales características de las acciones son las siguientes:

- Cada acción está compuesta por un conjunto de actividades.
- Las acciones deben ser lo suficientemente detalladas, evitando ser muy amplias o generales que se asemejen, por sí solas, a una UP.
- Deben redactarse como se muestra a continuación:

Las acciones intervienen sobre un activo, por ello es fundamental identificar el tipo de factor de producción, el cual puede corresponder a infraestructura, mobiliario, equipo, vehículo, terreno, intangible o infraestructura natural.

• Paso 3: Planteamiento de las alternativas de solución

A partir del análisis de interrelación entre las acciones derivadas de los medios fundamentales, se generan las alternativas de solución. Estas alternativas están compuestas por acciones mutuamente excluyentes y grupos de acciones que son complementarias o independientes, lo que permite una selección estratégica de las opciones más viables para abordar el problema central.

A continuación, se describen casos prácticos que ilustran la aplicación de estos pasos en el planteamiento de alternativas de solución en las tipologías de inversiones de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado.

Recuadro 5: Análisis de las acciones Infraestructura de Riego

Ejemplo 1, naturaleza del proyecto: Mejoramiento

Paso 1. Identificación de acciones.

Tabla 63. Análisis de medios y acciones - IR Mejoramiento

Medios de primer Nivel	Medios fundamentales	Acciones
<u>Medio primer nivel 1</u> SUFICIENTE DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA RIEGO	<u>Medio fundamental 1</u> Mayor eficiencia de conducción en el canal, superior al estándar técnico	1.1 Revestimiento de muros y piso de canal de conducción con concreto $e=0.1\text{m}$, tramos críticos una longitud de 2.42 km
	<u>Medio fundamental 2</u> Infraestructuras conexas del canal eficientes (caídas y pozas disipadoras)	2.1 Construcción de dos caídas de concreto armado $f'c=210\text{ kg/cm}^2$. 2.2 Construcción de dos pozas disipadoras de concreto armado $f'c=210\text{ kg/cm}^2$
Medios de primer Nivel	Medios fundamentales	Acciones
<u>Medio primer nivel 2</u> EFICIENTE GESTIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA PARA RIEGO	<u>Medio fundamental 3</u> Medidores de caudal de las tomas, están calibrados y bien ubicados.	3.1 Instalación de 10 medidores y compuertas de control de caudal. 3.2 Capacitación a operadores del sistema de riego.

Elaboración propia.

Paso 2. Análisis de la interrelación de las acciones

<u>Medio fundamental 1</u> Mayor eficiencia de conducción en el canal, superior al estándar técnico.	<u>Medio fundamental 2</u> Eficientes Infraestructuras conexas del canal (caídas y pozas disipadoras)	<u>Medio fundamental 3</u> Medidores de caudal de las tomas, están calibrados y bien ubicados.
---	--	---

Tabla 64. Análisis de las acciones - IR Mejoramiento

MF		Acciones	Análisis
MF 1	1.1	Revestimiento de muros y piso de canal de conducción con concreto	Las tres acciones son complementarias.
MF 2	2.1	Construcción de dos caídas de concreto armado $f'c=210\text{ kg/cm}^2$	

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

	2.2	Construcción de dos pozas disipadoras de concreto armado $f'c= 210 \text{ kgm/cm}^2$	
MF 3	3.1	Instalación de 10 medidores y compuertas de control de caudal.	Independiente con 1.1, 2.1 y 2.2; y complementaria con 3.2.
	3.2	Capacitación a operadores del sistema de riego	Independiente con la acción 1.1, acción 2.1 y acción 2.2. Complementario con acción 3.1

Elaboración propia.

Paso 3. Planteamiento de las alternativas de solución

Para la naturaleza de PI Mejoramiento las alternativas de solución son únicas, a continuación, se presentan las acciones.

Alternativa Única

Revestimiento de muros y piso de canal de conducción con concreto 210 kg/cm², e= 0.1m, una longitud de 2.42 km.
 Construcción de dos caídas de concreto armado $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.
 Construcción de dos pozas disipadoras de concreto armado $f'c= 210 \text{ kgm/cm}^2$.
 Instalación de 10 medidores y compuertas de control de caudal.
 Capacitación a operadores del sistema de riego.

La pérdida por infiltración en la conducción es de 6.2%; se estima en 3.4 hm³ anuales y la pérdida por distribución +-10% se estima 5.4 hm³. En total las pérdidas anuales en la situación actual suman 8.8 hm³ anuales. Con el mejoramiento del servicio en la conducción las pérdidas son de 1.8%, estimada en 0.98 hm³ y la pérdida de la eficiencia de distribución es +-8%, estimada en 4.34 hm³ anuales. En total las pérdidas en la situación con proyecto 5.3 hm³ anuales. Se concluye que mejorando la infraestructura actual la provisión del servicio de agua se incrementa en 3.5 hm³ anuales, que representa el 6.4% con respecto al volumen captado (54.3 hm³).
ALTERNATIVA ÚNICA: incremento del servicio 3.5 hm³/año.

Ejemplo 2, naturaleza del proyecto: Creación

Paso 1. Identificación de acciones.

Tabla 65. Análisis de medios y acciones - IR Creación

Medios de primer Nivel	Medios fundamentales	Alternativa 1: Acciones	Alternativa 2: Acciones
<u>Medio primer nivel 1</u>	<u>Medio fundamental 1</u>	<u>Sistema Tambococha</u>	<u>Sistema Tambococha</u> <u>1.1 Instalación de la línea de conducción</u>

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

SUFICIENTE DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA USO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	Suficiente infraestructura hidráulica de riego para la producción agrícola	1.1 <i>Instalación de la línea de conducción 14.01 km y obras conexas.</i> 1.2 <i>Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control.</i>	14.01 km y obras conexas. 1.2 <i>Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control.</i>
	<u>Medio fundamental 2</u> Captación y represamiento de agua de lluvias mediante infraestructura hidráulica	<u>Sistema Tambococha</u> 2.1 <i>Construcción de una captación</i> 2.2 <i>Construcción de cuatro reservorios para almacenar 40,000 m³ de agua de lluvias.</i>	<u>Sistema Tambococha</u> 2.1 <i>Construcción de una captación.</i> 2.2 <i>Construcción de dique de represamiento Tambococha de 21.5m de altura de 100,000 m³ capacidad.</i>
EFICIENTE GESTIÓN DEL AGUA DE LLUVIA PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	<u>Medio fundamental 3</u> Mayor conocimiento tecnológico del uso del agua superficial para la producción agrícola.	3.1 <i>Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego.</i> 3.2 <i>Asistencia técnica en tecnología del riego.</i>	3.1 <i>Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego.</i> 3.2 <i>Asistencia técnica en tecnología del riego.</i>

Elaboración propia.

Paso 2. Análisis de la interrelación de las acciones

Las dos alternativas se analizan las interrelaciones de las acciones

<u>Medio fundamental 1</u> Suficiente infraestructura hidráulica de riego para la producción agrícola.	<u>Medio fundamental 2</u> Captación y represamiento de agua de lluvias mediante infraestructura hidráulica	<u>Medio fundamental 3</u> Mayor conocimiento tecnológico del uso del agua superficial para la producción agrícola.
---	--	--

Tabla 66. Análisis de acciones - IR Creación

MF	Acciones	Análisis
MF1	1.1 <i>Instalación de la línea de conducción 14.01 km y obras conexas.</i>	Complementario con acción 1.2, acción 2.1, acción 2.2, acción 2.3, acción 3.1 y acción 3.2
	1.2 <i>Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control.</i>	Complementario con acción 1.1, acción 2.1, acción 2.2, acción 2.3, acción 3.1 y acción 3.2
MF2	2.1 <i>Construcción de una captación</i>	Complementario con acción 1.1, acción 1.2, acción 2.2, acción 2.3, acción 3.1 y acción 3.2
	2.2 <i>Construcción de cuatro reservorios para almacenar 40,000 m³ de agua de lluvias.</i>	Complementario con acción 1.1, acción 1.2, acción 2.1, acción 3.1 y acción 3.2 Excluyente con acción 2.3

Guía metodológica para la Formulación y Evaluación de proyectos de inversión de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

	<i>2.3 Construcción de dique de represamiento Tambococha de 21.5m de altura de 100,000 m³ capacidad.</i>	Complementario con acción 1.1, acción 1.2, acción 2.1, acción 3.1 y acción 3.2 Excluyente con acción 2.2
MF3	<i>3.1 Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego.</i>	Complementario con acción 1.1, acción 1.2, acción 2.1, acción 2.2, acción 2.3 y acción 3.2
	<i>3.2 Asistencia técnica en tecnología del riego.</i>	Complementario con acción 1.1, acción 1.2, acción 2.1, acción 2.2, acción 2.3 y acción 3.1.

Elaboración propia.

Paso 3. Planteamiento de las alternativas de solución

se identifica las alternativas de solución, acompañadas de acciones complementarias e independientes.

Alternativa 1

- Instalación de la línea de conducción 14.01 km y obras conexas.
- Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control.
- Construcción de una captación
- Construcción de dique de represamiento Tambococha de 21.5m de altura de 100,000 m³ capacidad.
- Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego.
- Asistencia técnica en tecnología del riego.

Alternativa 2

- Instalación de la línea de conducción 14.01 km y obras conexas.
- Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control.
- Construcción de una captación.
- Construcción de cuatro reservorios para almacenar 40,000 m³ de agua de lluvias.
- Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego.
- Asistencia técnica en tecnología del riego.

Con la alternativa 1 se proyecta tener la provisión del servicio de agua de riego, para un área de 175 ha en la primera campaña y 12.5 ha en la segunda campaña. (Demanda 0.162 hm³)

Con la alternativa 2 se proyecta tener la provisión del servicio de agua de riego, para un área de 175 ha en la primera campaña y 24.5 ha en la segunda campaña. (Demanda 0.213 hm³)

Recuadro 6: Caso 2.- Tipología Riego Tecnificado

Ejemplo 3:

Paso 1. Identificación de acciones.

Tabla 67. Identificación de acciones - RT Mejoramiento

Medios de primer Nivel	Medios fundamentales	Acciones
SUFICIENTE DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA RIEGO	Medio fundamental 1 Disminución de pérdidas de agua durante la aplicación del riego.	1.1 Instalación de riego localizado 24.5 ha (goteo)
	Medio fundamental 2 Mayor eficiencia de la infraest. hidráulica de distribución y control de caudales.	2.1 Construcción de obras comunes de distribución y obras conexas: estructura de captación, almacenamiento, línea de distribución, equipamiento de control y medición.
Medios de primer Nivel	Medios fundamentales	Acciones
Medio primer nivel 2 MAYOR CONOCIMIENTO EN TÉCNOLOGÍAS DE RIEGO A NIVEL PARCELARIO	Medio fundamental 3 Mayor acceso a la innovación tecnológica del riego.	3.1 Capacitación en tecnologías de aplicación del riego. 3.2 Asistencia técnica y fortalecimiento de capacidades.

Elaboración propia.

Paso 2. Análisis de la interrelación entre las acciones.

Medio fundamental 1 (MF1) Disminución de pérdidas de agua durante la aplicación del riego.	Medio fundamental 2 (MF2) Mayor eficiencia de la infraestructura. hidráulica de distribución y control de caudales.	Medio fundamental 3 (MF3) Mayor acceso a la innovación tecnológica del riego.
--	---	---

Tabla 68. Análisis de acciones - RT Mejoramiento

MF	Acciones	Análisis
MF1	1.1 Instalación de riego localizado 24.5 ha (goteo)	Independiente con acción 2.1, acción 3.1 y acción 3.2
MF2	2.1 Construcción de obras comunes de distribución y obras conexas: estructura de captación, almacenamiento, línea de distribución, equipamiento de control y medición.	Independiente con acción 1.1, acción 3.1 y acción 3.2

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

MF3	3.1 Capacitación en tecnologías de aplicación del riego.	Independiente con acción 1.1, acción 2.1 y Complementaria con acción 3.2
	3.2 Asistencia técnica y fortalecimiento de capacidades.	Independiente con acción 1.1, acción 2.1 y Complementaria con acción 3.1

Elaboración propia.

Paso 3. Planteamiento de alternativas de solución²⁴

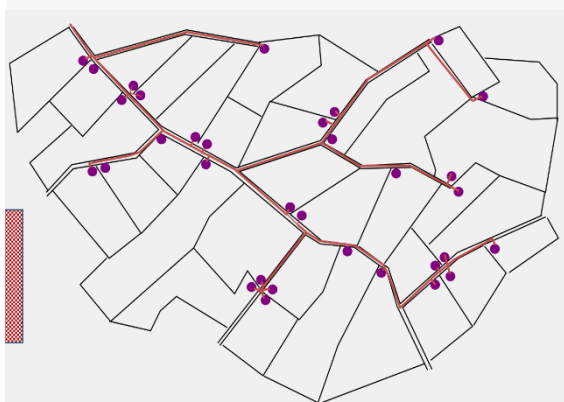
Se identifica las alternativas de solución, acompañadas de acciones complementarias e independientes.

Alternativa Única

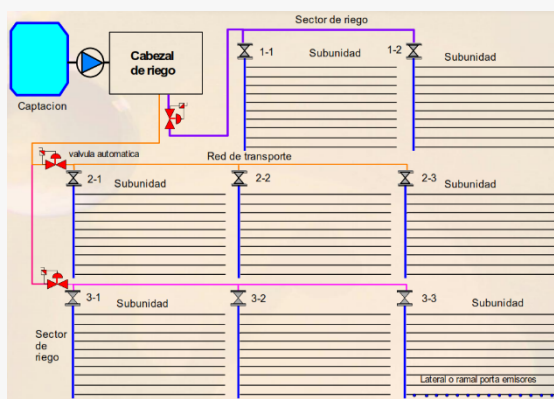
- Instalación de riego localizado 24.5 ha (goteo)
- Construcción de obras comunes de distribución y obras conexas: estructura de captación, almacenamiento, sistema de bombeo, línea de distribución, equipamiento de control y medición.
- Capacitación en tecnologías de aplicación del riego.
- Asistencia técnica y fortalecimiento de capacidades.

Gráfico 20. Esquemas del riego tecnificado

Esquema: Distribución del riego



Esquema: Riego parcelario.



Elaboración propia.

²⁴ Para la tipología de riego tecnificado, no se considera las técnicas de riego de aplicación (goteo, microaspersión, aspersión, mangas u otro método de aplicación) como alternativas de solución de solución de un proyecto de riego.

Casos cuando un proyecto no cumple con los estándares establecidos por el Sector.

Recuadro 7: Caso.- Duplicidad de proyectos de riegos

Para todas las tipologías de un proyecto de riego 1) Infraestructura de Riego y 2) Riego Tecnificado, se entiende como proyectos duplicados a aquellos que comparten el mismo objetivo, beneficiarios directos, localización geográfica y componentes. Por lo tanto, no procede su implementación.

Ejemplo: Sistema de Riego existente con déficit hídrico en época de estiaje.

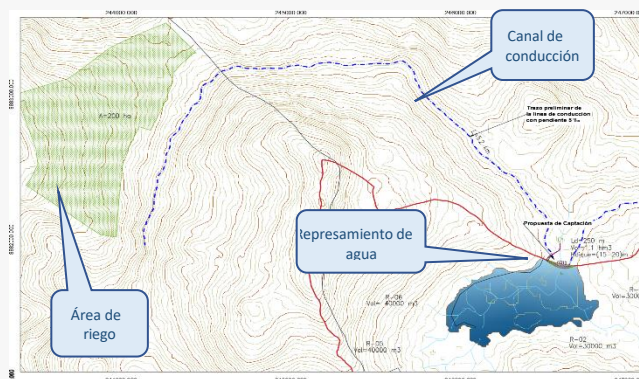
Proyecto 1: Mejoramiento y ampliación del servicio de provisión de agua riego – construcción del dique de represamiento en la C.C Vichon, sector La Rampa – Catac - Ancash.

Tabla 69. Sistema de Riego existente con déficit hídrico en época de estiaje.

Objetivo	Beneficiarios directos	Localización geográfica	Componentes
Mejorar y ampliar el servicio de provisión de agua para riego.	Población de la C.C de Vichon	Catac - Ancash	Infraestructura de almacenamiento

Elaboración propia.

Gráfico 21. Planteamiento hidráulico - Proyecto 1



Elaboración propia.

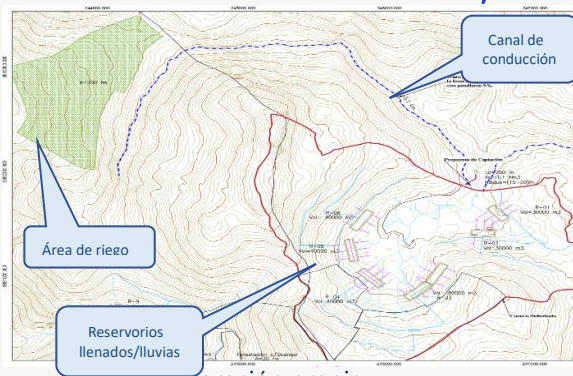
Proyecto 2: Mejoramiento y ampliación del servicio de provisión de agua riego – construcción de reservorios en la C.C Vichon, sector La Rampa – Catac - Ancash.

Tabla 70. Mejoramiento y ampliación del servicio de provisión de agua riego – construcción de reservorios en la C.C Vichon, sector La Rampa – Catac - Ancash.

Objetivo	Beneficiarios directos	Localización geográfica	Componentes
Mejorar y ampliar el servicio de provisión de agua para riego.	Población de la C.C de Vichon	Catac - Ancash	Infraestructura de almacenamiento

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Elaboración propia.
Gráfico 22. Planteamiento hidráulico - Proyecto 2



Elaboración propia.

Proyecto 3: Mejoramiento del servicio de provisión de agua riego – Canal de conducción en la C.C Vichon, sector La Rampa – Catac - Ancash”.

Tabla 71. Mejoramiento del servicio de provisión de agua riego – Canal de conducción en la C.C Vichon, sector La Rampa – Catac - Ancash”.

Objetivo	Beneficiarios directos	Localización geográfica	Componentes
Mejorar el servicio de provisión de agua para riego.	Población de la C.C de Vichon	Catac - Ancash	Infraestructura de conducción

Elaboración propia.

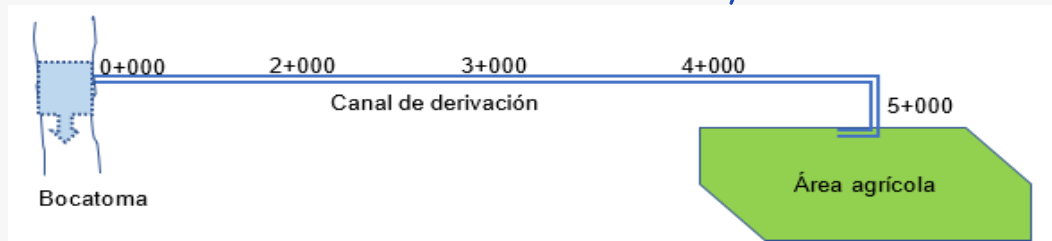
Recuadro 8: Caso.- Fraccionamiento de proyectos de riegos

Para todas las tipologías de un proyecto de riego: 1) Infraestructura de Riego y 2) Riego Tecnificado, se considera que un proyecto está fraccionado cuando no contiene todos los componentes y las acciones necesarias para solucionar un problema central; independientemente de quién las ejecutará o financiará.

Ejemplo: Sistema de Riego existente con pérdidas de agua en la línea de conducción.

Proyecto 1: Mejoramiento del servicio de provisión de agua para riego “Canal Tumi; progresiva 0+000 – 5+000” de la Comisión de regantes “A”, sector La Chacra”.

Gráfico 23. Planteamiento hidráulico Proyecto 1

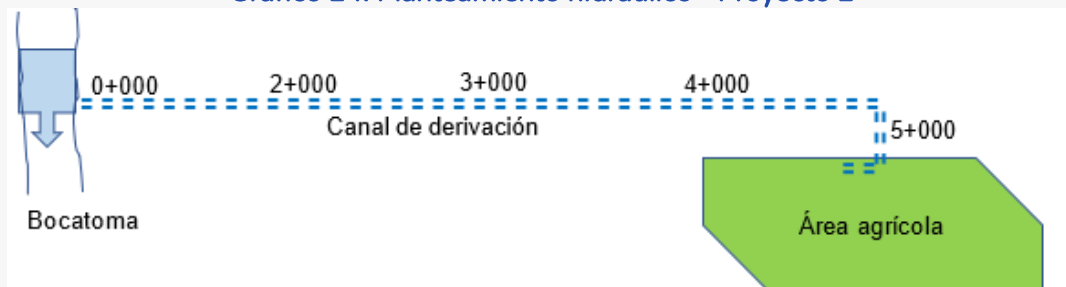


Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Proyecto 2: Mejoramiento del servicio de provisión de agua para riego “Bocatoma Tumi” de la Comisión de regantes “A”, sector La Chacra”

Gráfico 24. Planteamiento hidráulico - Proyecto 2



Elaboración propia.

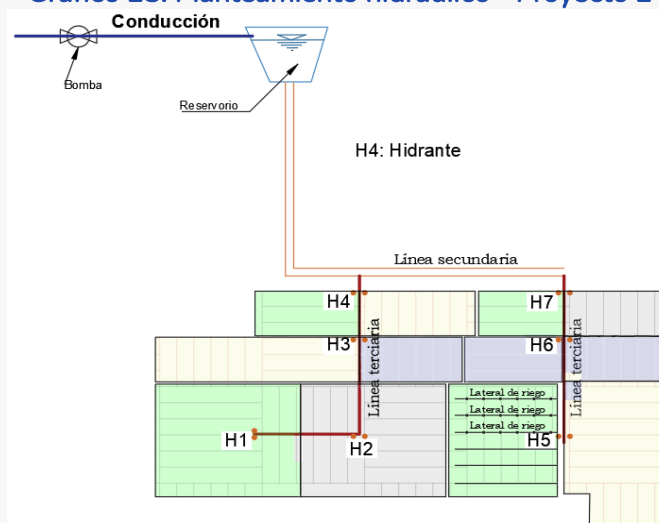
Se puede considerar fraccionamiento cuando se interviene mediante IOARR en una UP, pero corresponde formular un proyecto de inversión.

Del ejemplo anterior se puede apreciar que el proyecto 1 no comprende todas las acciones necesarias para solucionar completamente el problema central, dado que solo se intervendrá en la bocatoma y en el proyecto 2 sólo se intervendrá en la línea de conducción, ambos no estarían cumpliendo los niveles de servicio o estándares de calidad establecidos por el Sector.

Ejemplo: Para la tipología de riego tecnificado, el problema en la aplicación del riego.

Proyecto 1: Se plantea el mejoramiento de la captación, almacenamiento, líneas de distribución e hidrantes y obras conexas comunes, y no se interviene el riego parcelario (lateral de riego, aspersores/goteo); se considera un fraccionamiento.

Gráfico 25. Planteamiento hidráulico - Proyecto 2



Elaboración propia.

No es fraccionamiento si un proyecto de inversión no cierra toda la brecha oferta – demanda estimada, aunque sí cumple con objetivo central. En este caso, el proyecto se enfoca en una población objetivo que resulta ser una proporción de la población afectada.

3. CAPÍTULO II: Módulo de Formulación

El objetivo principal de este módulo es dimensionar el servicio en función a una población demandante y plantear alternativas técnicas que permitan estimar los costos del proyecto. Para alcanzar este objetivo, se abordarán los siguientes temas:

Gráfico 26. Temas a abordar en el Módulo de Formulación



Elaboración propia.

El Módulo de Formulación de un proyecto de inversión pública, consta de 5 pasos: el **primer paso** consiste en establecer el horizonte de evaluación, que define la duración tanto de la fase de ejecución como de la fase de funcionamiento de la inversión. El **segundo paso** es realizar un análisis de mercado, que incluye el estudio de la demanda y la oferta del proyecto de inversión, considerando escenarios con y sin el proyecto.

El **tercer paso** corresponde al análisis técnico del proyecto, que abarca el estudio del tamaño, la localización y la tecnología asociada al proyecto de inversión. Es crucial también evaluar los riesgos de desastres, considerando el cambio climático y los posibles impactos ambientales que podrían afectar la operación del proyecto. En esta etapa, se selecciona la alternativa técnica más viable para el proyecto y se realiza un diseño preliminar de dicha alternativa, identificando los activos y las metas físicas.

El **cuarto paso** se refiere a la gestión del proyecto, tanto durante la fase de ejecución como en la fase de funcionamiento. También se aborda la gestión de riesgos que el proyecto podría enfrentar durante su implementación y operación.

El **quinto y último paso** consiste en estimar el costo del proyecto, tomando en cuenta todos los análisis previos y el dimensionamiento realizado. En esta etapa, se consideran todos los costos involucrados en las fases de ejecución y funcionamiento, asegurando una visión integral del presupuesto necesario para llevar a cabo el proyecto.

Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación de un proyecto de inversión se refiere al **periodo para el cual se elaboran los flujos de beneficios y costos del proyecto**, con el fin de evaluar su rentabilidad social y determinar si el proyecto es conveniente para la sociedad. Este periodo comprende la fase de Ejecución y la fase de Funcionamiento.

En el caso de un PI que cuente con más de una alternativa, se deberá definir el horizonte de evaluación para cada una de ellas. Cuando los periodos difieran, para efecto de su evaluación, se deberá emplear el indicador pertinente hacerlas comparables²⁵.

a) Proyectos sin estructura de regulación

Para los casos en los que la Unidad Productora no haya previsto la construcción y/o puesta en funcionamiento de una estructura de regulación que permita afianzar la oferta hídrica, el periodo de la fase de funcionamiento se recomienda 10 años.

Tabla 72. Ejemplo de Horizonte de evaluación de los proyectos de riego sin estructura de regulación

Tipología de proyecto	Fase de Ejecución (a)	Fase de Funcionamiento (b)	Horizonte de evaluación (HE) [a + b]
Infraestructura de riego	4 años	10 años	14 años
Riego tecnificado	2 años	10 años	12 años

Elaboración propia.

b) Proyectos con estructuras de regulación

En los proyectos de inversión que intervienen sobre una Unidad Productora y requieren la implementación de una estructura de regulación para asegurar la oferta hídrica, se recomienda analizar los siguientes criterios:

- El periodo que toma la fase de Ejecución del proyecto.
- La vida útil de la estructura de regulación y los activos principales.
- La obsolescencia tecnológica esperada en la estructura de regulación.
- La incertidumbre respecto al tiempo durante el cual se mantendrá la demanda por el bien o servicio proporcionado por la UP generada o modificada por el proyecto de inversión.

²⁵ Si la evaluación se realiza con la metodología costo-beneficio, el indicador para hacer comparables las alternativas es el valor actual equivalente (VAE). Si la metodología fuese costo-eficiencia o costo-efectividad, el indicador es el costo actual equivalente (CAE).

Análisis de mercado del servicio

Este análisis tiene como objetivo evaluar la oferta y la demanda del servicio, permitiendo identificar la brecha existente en el proyecto, teniendo en cuenta la capacidad de producción optimizada estimada en el diagnóstico de la UP para atender la demanda de bienes y/o servicios a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto de inversión.

3.1 Análisis de la demanda del servicio

La demanda del servicio en proyectos de infraestructura de riego se entiende como la necesidad de recursos hídricos y servicios asociados por parte de los usuarios (agricultores, comunidades de riego, entre otros) en un tiempo determinado. Esta demanda se mide en términos de cantidad, calidad, oportunidad y eficiencia del agua para actividades agrícolas u otras. La unidad de medida para estimar la demanda varía según el tamaño del proyecto: m^3 , miles m^3 o hm^3 .

Para estimar y proyectar la demanda en un proyecto de riego, se deben considerar los siguientes aspectos:

- i. El recurso hídrico o servicio que se proporcionará en la fase de operación del proyecto y su unidad de medida (m^3 , miles m^3 , hm^3).
- ii. El área de influencia del proyecto y las características de la población demandante potencial que incluye a los usuarios directos e indirectos del servicio.
- iii. Las variables que explican el comportamiento de la población demandante y de la demanda, derivadas del diagnóstico de la población afectada (en adelante, población demandante potencial).
- iv. Los índices de eficiencia en el uso del agua y las tasas de cobertura del servicio, incluyendo ratios de intensidad de uso por hectárea, temporalidad de la demanda (estacionalidad), y otros indicadores relevantes.
- v. La disposición a pagar por el servicio de riego, especialmente en proyectos donde se implementará un mecanismo de recuperación de costos (tarifas, tasas de uso, contribuciones voluntarias, entre otros). Para ello, se pueden emplear herramientas como encuestas a usuarios, análisis estadísticos (modelos de regresión, elasticidades de demanda), estudios de mercado de servicios alternativos, y estimaciones basadas en costos económicos y sociales.

Cuando se consideran las tendencias sin la intervención del proyecto, se hace referencia a la situación “sin proyecto”; en cambio, cuando estas tendencias se modifican como resultado de acciones desarrolladas en el proyecto, se trata de la situación “con proyecto”. Esta sección proporciona orientaciones para estimar la demanda en ambos casos.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Para estimar la demanda, se requerirá la información obtenida durante el diagnóstico de la población afectada, la cual ahora corresponde a los beneficiarios directos (usuarios del servicio) del proyecto.

En cuanto al análisis de mercado del servicio, es importante señalar que el servicio de provisión de agua para riego presenta una particularidad clase. Este análisis se basa en la determinación de los volúmenes de agua que requieren los productores agropecuarios para la producción en sus propiedades y el volumen de agua aprobado por la Autoridad Nacional del Agua para uso agrario en el ámbito de influencia.

A modo de resumen, la siguiente tabla presenta las principales metodologías empleadas para estimar la demanda del servicio de provisión de agua para riego. Para mayor detalle sobre las consideraciones metodológicas utilizadas en la estimación de la demanda del servicio, consulte en el Anexo II Consideraciones conceptuales para estimación de la demanda del servicio de provisión de agua para riego.

Tabla 73. Resumen de metodologías para la estimación de la demanda del servicio de agua para riego

Metodologías	Objetivo	Fórmula/Detalle
Balance Hídrico	Calcular la necesidad de riego o demanda de agua de cultivos en función de entradas y salidas.	$DA = ETA - (PE + CA + N)$ Donde: DA: Necesidad de riego o demanda de agua de los cultivos para el periodo considerado (mm) ETA: Evapotranspiración real o actual (mm) PE: Precipitación efectiva (mm) CA: Diferencia de la lámina de la capacidad de almacenamiento del suelo inicial y final del periodo considerado (mm) N: Aporte eventual del nivel freático (mm)
Evapotranspiración potencial (ETP)	Es la cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo de tamaño corto, que cubre toda la superficie, en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de agua.	Se estiman por varios métodos, estos son: • Lisímetro • Tanque de evaporación • Métodos o fórmulas empíricas
Factor de cultivo	Conocido como coeficiente de cultivo, es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo del cual se quiere evaluar su consumo de agua.	El coeficiente de cultivo (K_c) es un factor que representa el desarrollo del cultivo y su consumo de agua según sus etapas de crecimiento: inicial, desarrollo, maduración y cosecha. Este coeficiente varía en función de características del cultivo, condiciones climáticas, frecuencia de riego o lluvia, y la duración del ciclo vegetativo. Para determinar el K_c se identifica el cultivo, las etapas de crecimiento, y se obtienen valores específicos basados en la evapotranspiración, humedad y viento. Finalmente, se construye una curva K_c que permite estimar el consumo hídrico en cualquier momento del ciclo.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

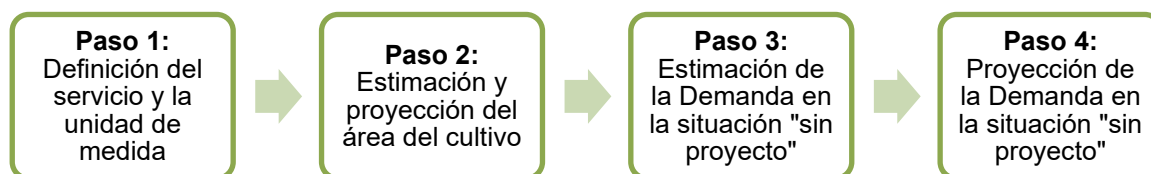
Metodologías	Objetivo	Fórmula/Detalle
Evapotranspiración real o actual (ETA)	Es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo excepto de enfermedades, que crece en un campo extenso en condiciones óptimas de suelo, fertilidad y suministro de agua.	$ETA = K \cdot ETP$ ETA: Evapotranspiración real o actual de los cultivos (mm) K: Coeficiente que tienen en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta. ETP: Evapotranspiración potencial (mm) En condiciones físicas y de buena disponibilidad de elementos nutritivos en el suelo, y condiciones de óptimo abastecimiento de agua, se tiene la siguiente fórmula: $ETA = Kc \cdot ETP$ Donde: ETA: Evapotranspiración real o actual de los cultivos (mm) Kc: Factor de cultivo. ETP: Evapotranspiración potencial (mm)
Precipitación efectiva	Es el volumen de lluvia parcial utilizando por las plantas para satisfacer sus correspondientes necesidades hídricas para su normal desarrollo.	Para la determinación de la precipitación efectiva se cuenta con varios métodos de cálculo, los cuales pasamos a describir a continuación: • Porcentaje Fijo: La precipitación efectiva es un porcentaje fijo de la precipitación real, estos valores fluctúan entre el 0.70 y 0.90. • Precipitación confiable (ecuación FAO/AGLW): estimar la precipitación confiable como el efecto combinado de la precipitación confiable (80% de probabilidad de excedencia) y las pérdidas estimadas debió a la escorrentía superficial y a la percolación profunda. • Fórmulas empíricas: Las mismas fórmulas que para la precipitación confiable, pero con la posibilidad de cambiar los parámetros, los cuales pueden ser determinados de un análisis de registros climáticos locales. • USDA Soil Conservation Service: Ecuación desarrollada por el USCS, por el medio de la cual la precipitación efectiva puede ser calculada: $PE = \frac{PP(125 - 0.2PP)}{125} \quad \text{para } PP \leq 250mm$ $PE = 125 + 0.1PP \quad \text{para } PP > 250 mm$ Donde: PE: Precipitación efectiva en mm. PP: Precipitación en mm. • Precipitación no considerada: En este método de cálculo no se considera la precipitación para las estimaciones de riego.
Demanda de agua para uso agrícola	La necesidad de riego o demanda de agua de los cultivos para el periodo considerado (DA) se deberá afectar por un factor de corrección, debido a que existen pérdidas de agua a lo largo del camino de conducción del agua desde la fuente hasta las zonas de producción	$D = \frac{DA}{Er}$ Donde: DP: Demanda de agua del proyecto en mm. DA: Necesidad de riego o demanda de agua neta de los cultivos para el periodo considerado en mm. Er: Eficiencia de riego

Fuente: Vásquez V. Absalón, Vásquez R. Issaak, Vilchez O. Guillermo. “Principios Básicos del Riego”. Instituto Internacional de Riegos. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. 260 pg. Página 157. Elaboración propia.

a) Estimación de la demanda en la situación “sin proyecto”.

Para estimar la demanda en el escenario 'sin proyecto', se deben seguir cuatro (04) pasos, los cuales se detallan en el siguiente gráfico."

Gráfico 27. Pasos para estimar la demanda del servicio en la situación “sin proyecto”



Fuente: MEF 2024

Paso 1. Definición del servicio y la unidad de medida

Se identifica el servicio público y su unidad de medida, en el caso de proyectos de riego, el servicio a caracterizar es el “Servicio de provisión de agua para riego”. La unidad de medida vinculada al servicio es $m^3/año$ o $hm^3/año$ y el uso de estas unidades dependerá del tamaño del proyecto que se esté analizando.

Paso 2. Estimación y proyección del área de cultivo

En la situación sin proyecto, la estimación y proyección del área de cultivo busca identificar cómo evolucionaría la superficie agrícola cultivada si no se realiza la intervención. Este análisis es clave para definir la demanda base del servicio, contra la cual se evaluarán los beneficios atribuibles al proyecto.

Para ello, se parte del área cultivada actual, definida como aquella efectivamente utilizada por los agricultores en condiciones de disponibilidad hídrica y acceso al riego existentes. Esta información puede provenir de encuestas a usuarios, registros de juntas de riego, censos agropecuarios u otras fuentes secundarias oficiales.

Posteriormente, se proyecta dicha área durante el horizonte de evaluación, considerando los factores que condicionan su expansión o reducción, tales como:

- Limitada disponibilidad de agua en temporada seca.
- Pérdidas por ineficiencias en conducción o distribución.
- Falta de infraestructura de almacenamiento o regulación.
- Prácticas de manejo tradicionales con baja eficiencia.
- Restricciones de inversión por parte de los usuarios.

Paso 3. Estimación de la Demanda en la situación “sin proyecto”

En los proyectos de riego, la demanda se estima en función del volumen de agua requerido por hectárea en un periodo determinado, por lo tanto, en la estimación de la demanda se realizan los cálculos que se muestran en el siguiente gráfico.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Gráfico 28. Cálculos referenciales para estimar la demanda de un proyecto de riego en la situación “sin proyecto”.



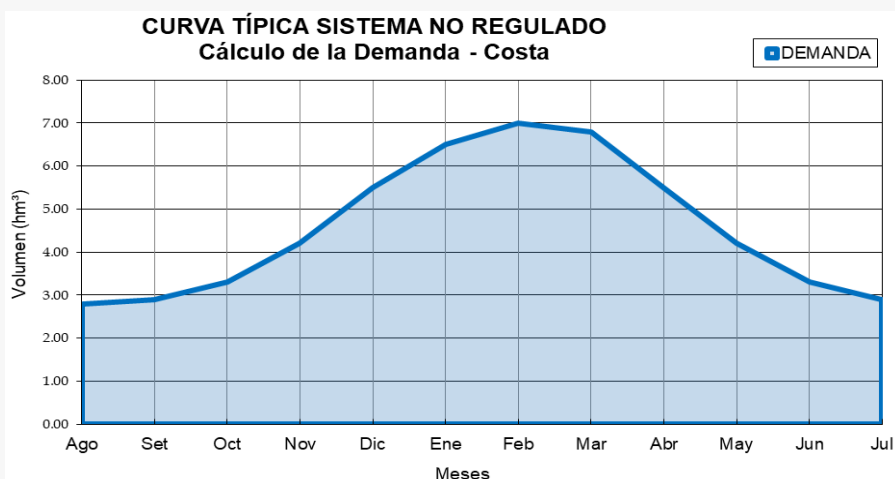
Elaboración propia.

Por otro lado, con fines de apoyo al formulador, se presentan las tendencias de las curvas de las demandas hídricas en la Costa, Sierra y Selva de un Sistema Regulado y No Regulado bajo riego; cuyas estimaciones de demanda deben tener el mismo sesgo.

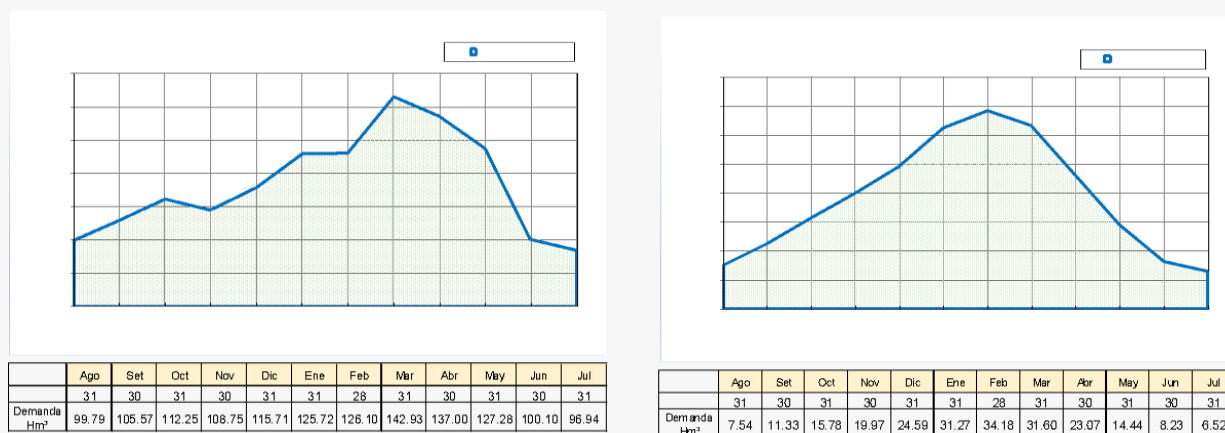
Recuadro 9: Características de la demanda hídrica anual de una cédula de cultivos bajo riego – Sistema no Regulado en la Costa.

En un sistema de riego no regulado en la Costa del Perú, la curva tiene la tendencia de llegar a la máxima demanda entre los meses de diciembre a abril, porque la oferta hídrica se incrementa en los drenes naturales (mayor caudal) por efecto de las lluvias que se presentan en la cordillera de los andes, durante estos meses. Con fines prácticos se extiende los siguientes casos para que el proyectista tome este criterio en el balance hídrico del proyecto.

Gráfico 29. Curva típica sistema No Regulado – Costa



Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado



Fuente:

Evaluación y ordenamiento de los RRHH cuenca Valle Chicama 2003 – ANA

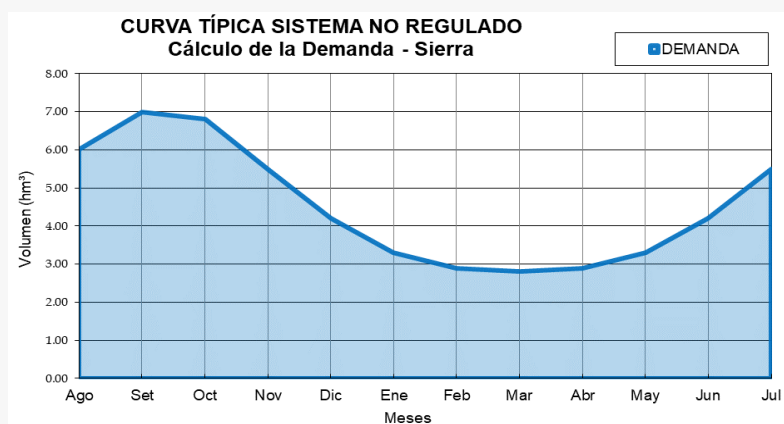
Obras de control y medición de agua por bloques de riego Valle Chancay-Huaral 2010 - ANA

Características de la demanda hídrica anual de una cédula de cultivos bajo riego – Sistema no Regulado en la Sierra y Selva.

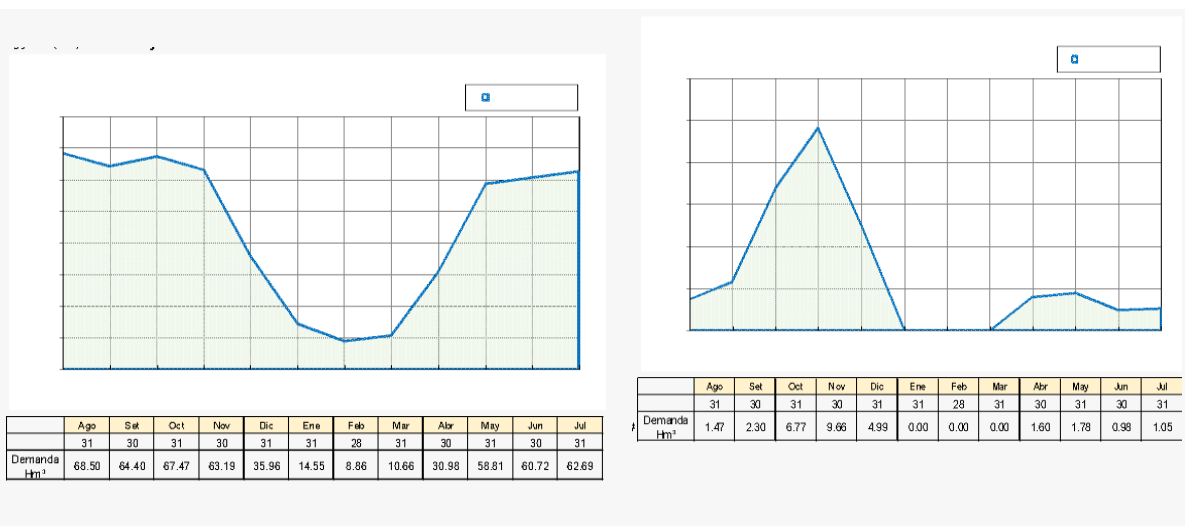
En un sistema de riego No Regulado en la Sierra del Perú, la curva tiene la tendencia de llegar a la mínima demanda entre los meses de enero a marzo, debido a que las lluvias que se presentan en estos meses aportan agua a los cultivos directamente y en el resto del año donde las lluvias son escasas o nulas, son los riegos que aportan agua a los cultivos; se extiende los siguientes casos para que el proyectista tome este criterio en el balance hídrico del proyecto.

La demanda hídrica en la Selva durante un ciclo hidrológico en una cédula de cultivo tiene la misma tendencia que en la Sierra.

Gráfico 30. Tendencia de la Curva de un sistema No Regulado – Sierra y Selva



Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado



Fuente:

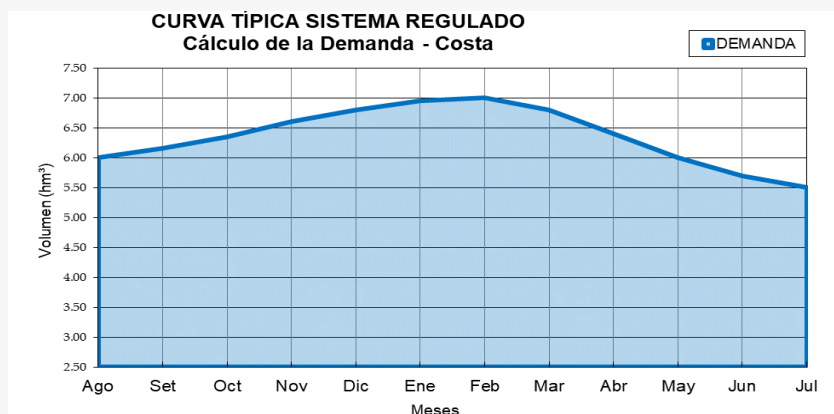
Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Valle Mantaro 2015 – ANA
Actualización del balance hídrico de la cuenca del río Ramis 2008 - INRENA

Características de la demanda hídrica anual de una cédula de cultivos bajo riego – Sistema Regulado.

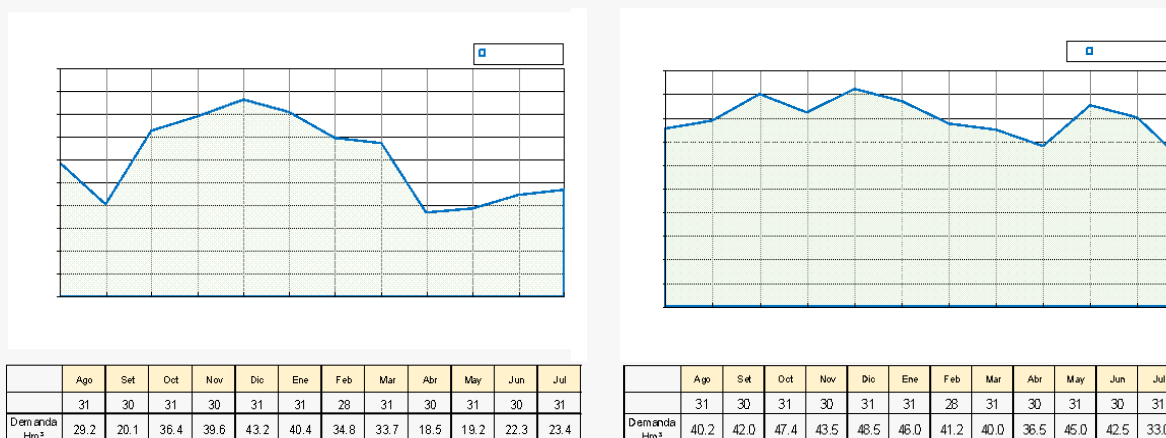
En un sistema de riego Regulado, la curva tiene la tendencia sinuosa horizontal, con cierto incremento de la demanda entre los meses de enero a marzo, principalmente en la Costa, debido al aumento de caudal en los drenes naturales por efecto de las lluvias que se presentan en estos meses.

En un sistema de riego Regulado en la Sierra y Selva la curva tiene una tendencia de llegar a la mínima demanda entre los meses de enero a marzo, debido a que las lluvias que se presentan en estos meses aportan agua a los cultivos directamente y en el resto del año donde las lluvias son escasas o nulas, las aguas represadas y almacenadas son las que aportan agua a los cultivos; se extiende los siguientes casos para que el proyectista tome este criterio en el balance hídrico del proyecto.

Gráfico 31. Tendencia de la Curva de un sistema Regulado



Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

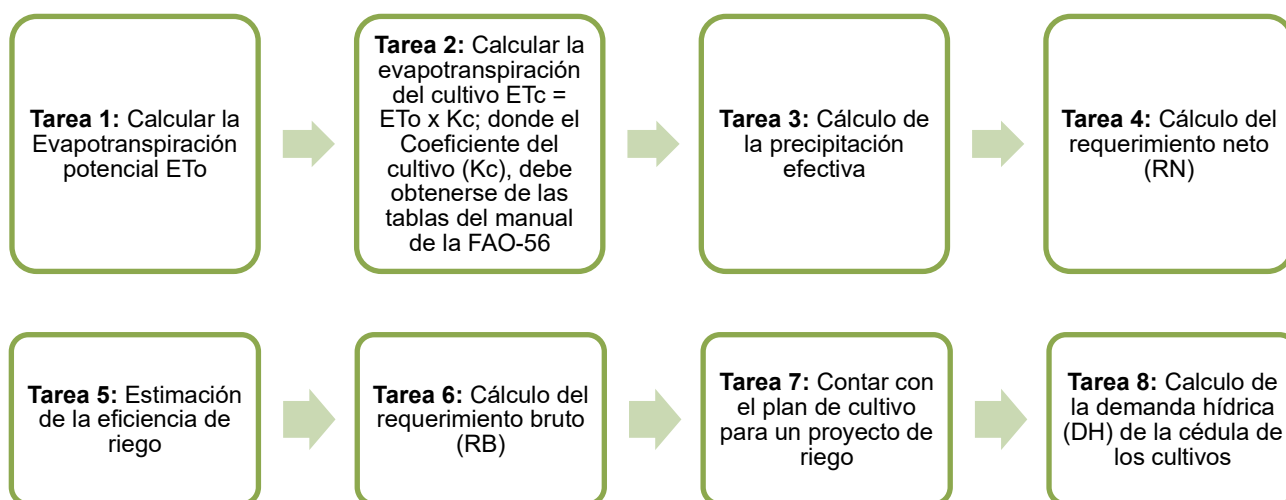


Fuente:

Obras de Control y Medición de Agua por Bloques de Riego en el Valle Majes 2008-ANA
Evaluación de la demanda hídrica agrícola actual PECH-2018 (Tesis PUCP)

Las tareas a realizar para la estimación de la demanda en la situación “sin proyecto” son las siguientes.

Gráfico 32. Tareas para la estimación de la demanda en la situación “sin proyecto”



Elaboración propia.

La estimación de la demanda de acuerdo con las tareas antes descritas se puede consultar en el Anexo II Consideraciones conceptuales para la demanda del servicio de provisión de agua para riego.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Luego de seguir las tareas consignadas en los Anexos, a modo de ejemplo se tiene el siguiente cálculo de la demanda hídrica en la situación “sin proyecto”.

Tabla 74. Cálculo de la demanda hídrica

Tarea	Variables	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
CULTIVO 1													
Tarea 1	Eto (mm/mes)	156.6	168.0	179.7	180.3	179.1	162.7	154.4	156.6	142.5	136.5	133.2	141.6
Tarea 2	Kc1 Cultivo 1	0.10	0.20	0.50	0.60	0.95	1.20	1.10	1.05	0.80	0.58	0.80	0.50
	ETc1 Cultivo 1	15.66	33.60	89.85	108.18	170.15	195.20	169.88	164.43	114.00	78.49	106.58	70.80
Tarea 3	Pef (mm/mes)	11.89	33.92	61.39	69.48	87.44	91.30	90.08	82.94	50.20	40.20	31.50	15.50
Tarea 4	Req. Neto (mm/mes)	3.77	-0.32	28.46	38.70	82.70	103.90	79.81	81.49	63.80	38.29	75.08	55.30
Tarea 5	Efr (%)	45.4%	45.4%	45.4%	45.4%	45.4%	45.4%	45.4%	45.4%	45.4%	45.4%	45.4%	45.4%
Tarea 6	RBc1(mm/mes)	8.3	-0.7	62.7	85.3	182.2	228.9	175.8	179.5	140.5	84.3	165.4	121.8
Tarea 7	Area (ha)	624.0	624.0	624.0	624.0	624.0	624.0	832.0	832.0	832.0	832.0	832.0	832.0
Tarea 8	Dem. Cultivo 1 (m³)	51809	-4347	391141	531960	113667 1	142810 9	146255 2	149347 7	116919 8	701656	137598 9	101342 7
CULTIVO 2													
Tarea 1	Eto (mm/mes)	156.6	168.0	179.7	180.3	179.1	162.7	154.4	156.6	142.5	136.5	133.2	141.6
Tarea 2	Kc2 Cultivo 2	0.36	0.56	0.78	0.80	1.01	1.25	1.06	1.09	0.78	0.90	0.43	0.19
	ETc2 Cultivo 2	55.75	94.08	139.27	143.88	180.17	203.34	162.93	170.69	111.15	122.85	57.29	26.90
Tarea 3	Pef (mm/mes)	11.89	33.92	61.39	69.48	87.44	91.30	90.08	82.94	50.20	40.20	31.50	15.50
Tarea 4	Req. Neto (mm/mes)	43.86	60.16	77.88	74.40	92.73	112.04	72.86	87.76	60.95	82.65	25.79	11.40
Tarea 5	Efr (%)	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%
Tarea 6	RBc2(mm/mes)	96.6	132.5	171.5	163.9	204.3	246.8	160.5	193.3	134.3	182.0	56.8	25.1
Tarea 7	Area (ha)	625.0	625.0	625.0	625.0	625.0	625.0	874.5	874.5	874.5	874.5	874.5	874.5
Tarea 8	Dem. Cultivo 1 (m³)	603786	828245	107207 4	102426 9	127656 6	154236 8	140339 4	169042 4	117402 6	159201 4	496749	219665
CULTIVO 3													
Tarea 1	Eto (mm/mes)	156.6	168.0	179.7	180.3	179.1	162.7	154.4	156.6	142.5	136.5	133.2	141.6
Tarea 2	Kcn: Cultivo n	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.08	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
	ETcn Cultivo n	164.43	176.40	188.69	189.32	188.06	176.01	162.16	164.43	149.63	143.33	139.89	148.68
Tarea 3	Pef (mm/mes)	11.89	33.92	61.39	69.48	87.44	91.30	90.08	82.94	50.20	40.20	31.50	15.50
Tarea 4	Req. Neto (mm/mes)	152.5	142.5	127.3	119.8	100.6	84.7	72.1	81.5	99.4	103.1	108.4	133.2
Tarea 5	Efr (%)	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%
Tarea 6	RBcn(mm/mes)	336.0	313.8	280.4	264.0	221.6	186.6	158.8	179.5	219.0	227.1	238.7	293.3
Tarea 7	Area (ha)	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0
Tarea 8	Dem. Cultivo 1 (m³)	417299 6	389790 3	348233 2	327840 2	275237 4	231737 0	197203 1	222944 5	271995 3	282117 3	296524 8	364338 2
CULTIVO "a"													
Tarea 1	Eto (mm/mes)	147.7	157.7	165.6	168.8	29.0	162.7	154.4	145.0	137.0	132.6	133.2	147.7
Tarea 2	Kcn: Cultivo n												
	ETcn Cultivo n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tarea 3	Pef (mm/mes)	11.9	33.9	61.4	69.5	87.4	91.3	90.1	82.9	50.2	47.2	31.5	15.5
Tarea 4	Req. Neto (mm/mes)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Tarea 5	Efr (%)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Tarea 6	RBcn(mm/mes)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Tarea 7	Area (ha)	an	an	an	an	an	an	an	an	----	----	----	----
Tarea 8	Dem. Cultivo 1 (m³)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Total (hm³): 59.9													
	DH (hm³)	4.83	4.72	4.95	4.83	5.17	5.29	4.84	5.41	5.06	5.11	4.84	4.88

Elaboración propia

Paso 4. Proyección de la Demanda sin proyecto

Para un proyecto de riego, la proyección de la demanda durante el horizonte de funcionamiento en la situación “sin proyecto” de debe considerar el paso 3. La demanda neta mantendrá el mismo ratio durante el horizonte de funcionamiento del proyecto; sin embargo la eficiencia de riego en la situación sin proyecto, disminuirá progresivamente.

El análisis para la proyección de la demanda hídrica sin proyecto a lo largo del horizonte del proyecto de la naturaleza de creación en proyectos de infraestructura hidráulica mayor corresponde realizarse, ya que mayormente están compuesto por obras de regulación y almacenamiento de alta complejidad, y es necesario realizar simulaciones de oferta y demanda hídrica frente al cambio climático y variabilidad hidrológica de años secos y húmedos (recomendación 50 años), para asegurar la sostenibilidad del servicio del proyecto.

Para estos tipos de proyectos, es fundamental un análisis hidrológico en un período de tiempo para evaluar la oferta hídrica que cubra la demanda hídrica, para tal fin se recomienda considerar un gráfico donde se pueda apreciar el comportamiento del balance hídrico y las siguientes consideraciones técnicas.

Déficit en Tiempo a Nivel Mensual

Se acepta un máximo de 3 meses deficitarios por año, es decir un 25 % del tiempo.

Déficit en Volumen a Nivel Anual

Se acepta un déficit anual máximo del 15 % del volumen total anual demandado, usualmente, déficits iguales o mayores, producirían menores rendimientos de cosecha.

Déficit en Volumen a Nivel Mensual

Se acepta como máximo un déficit de 30 % del volumen de la demanda mensual respectiva; valores mayores, equivale a la pérdida de la cosecha.

Índice de Déficit

La satisfacción de la demanda se complementará con el Índice de Déficit (ID); planteado por el U.S Army Corps of Engineers, que se define como la sumatoria de los cuadrados de las relaciones anuales entre el déficit y la demanda, multiplicada por 100 y dividida por el número de años simulados (Hydrologic Engineering Center, 1981); expresada de la siguiente manera:

$$ID = 100/N * \sum (De/Da)^2$$

Donde:

ID = Índice del Déficit (brecha)

De = Déficit Anual

Da = Demanda Anual

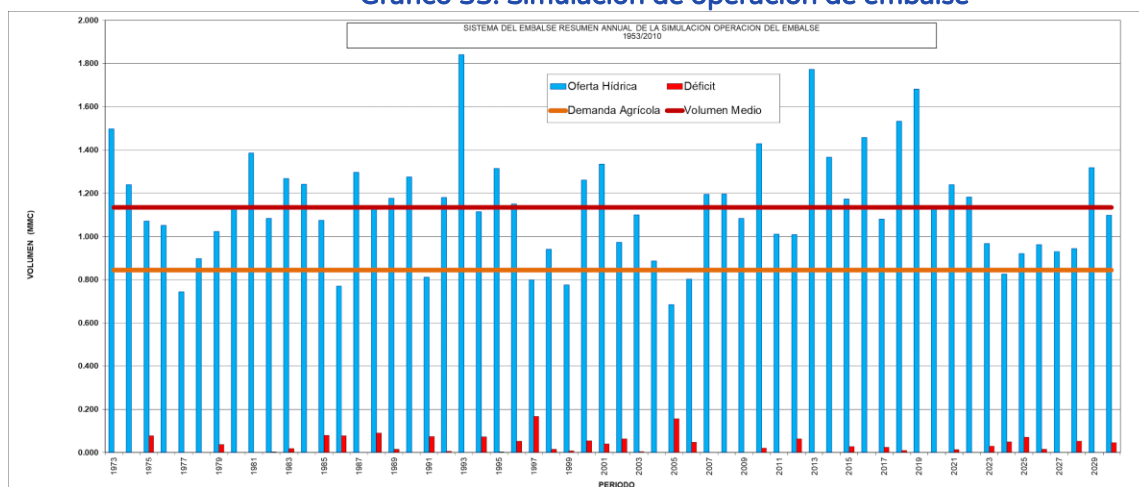
N = Número de Años Simulados

En el mejor de los casos, si el déficit en todos los años fuera del 10 %, el ID sería igual a 1.0; lo que significaría un valor razonable para el periodo simulado.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

La siguiente gráfica simula la operación del embalse, mostrando la oferta hídrica proveniente de las precipitaciones, el volumen medio proyectado del embalse, la demanda hídrica y la brecha entre la oferta y la demanda. Es fundamental que esta brecha se mantenga dentro de los parámetros técnicos recomendados en la tabla anterior.

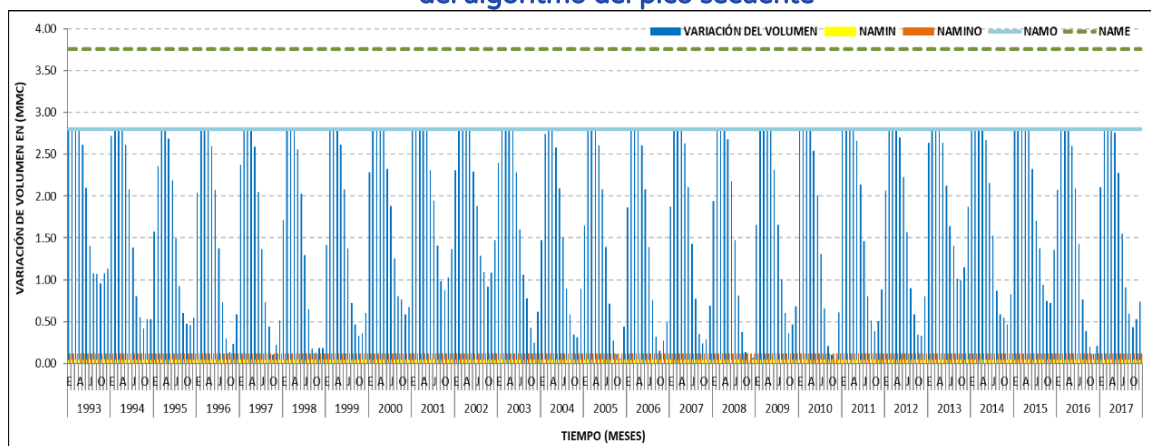
Gráfico 33. Simulación de operación de embalse



Elaboración propia.

Asimismo, en el siguiente gráfico se aprecia el diseño del volumen óptimo de una estructura de regulación y almacenamiento, utilizando el método del “algoritmo del Pico Secuente²⁶” u otro enfoque que garantice los volúmenes de diseño proyectados para las áreas agrícolas que serán incorporadas al sistema de riego.

Gráfico 34. Estimación del volumen de almacenamiento mediante el método del algoritmo del pico secuente



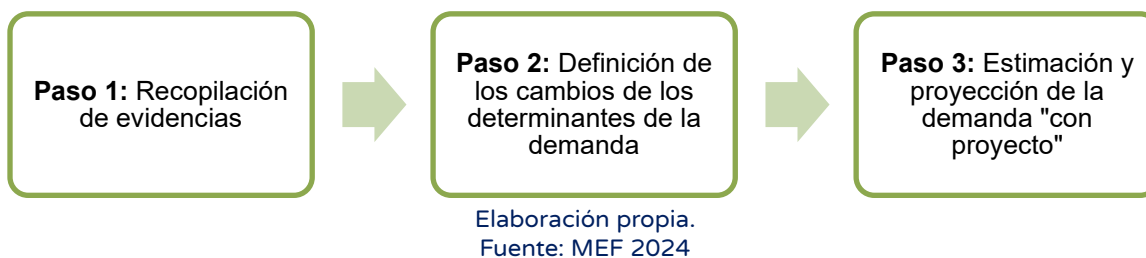
Elaboración propia.

²⁶ Francisco J. Aparicio Mijares: “Fundamentos de Hidrología de Superficie”

b) Estimación de la demanda en la situación “con proyecto”.

En estos casos, para estimar la demanda en el escenario “con proyecto” se deberá seguir tres (03) pasos, los cuales se muestran en el siguiente gráfico:

Gráfico 35. Pasos para estimar la demanda del servicio en la situación “con proyecto”



El análisis para la proyección de la demanda hídrica a lo largo del horizonte del proyecto debe realizarse en proyectos de infraestructura de hidráulica mayor, debido a que estos generalmente incluyen obras de regulación y almacenamiento de alta complejidad. Es esencial llevar a cabo simulaciones de oferta y demanda hídrica frente al cambio climático y la variabilidad hidrológica asociada a años secos y húmedos (se recomienda un horizonte de 50 años), con el fin de garantizar la sostenibilidad del proyecto.

Paso 1.- Recopilación de evidencias

Para plantear la demanda hídrica en la situación “con proyecto”, se deberá contar con una alta certidumbre de los cambios que puede generar la intervención del proyecto sobre la demanda y los ratios de su concentración. En proyectos de riego la mejora por satisfacer la demanda se centra sobre información técnica y experiencias similares que se hayan realizado, así como investigaciones sobre el tema.

Ejemplo: El cambio de tecnología de aplicación del riego superficial a riego localizado por goteo, tenemos que la eficiencia de aplicación se incrementa:

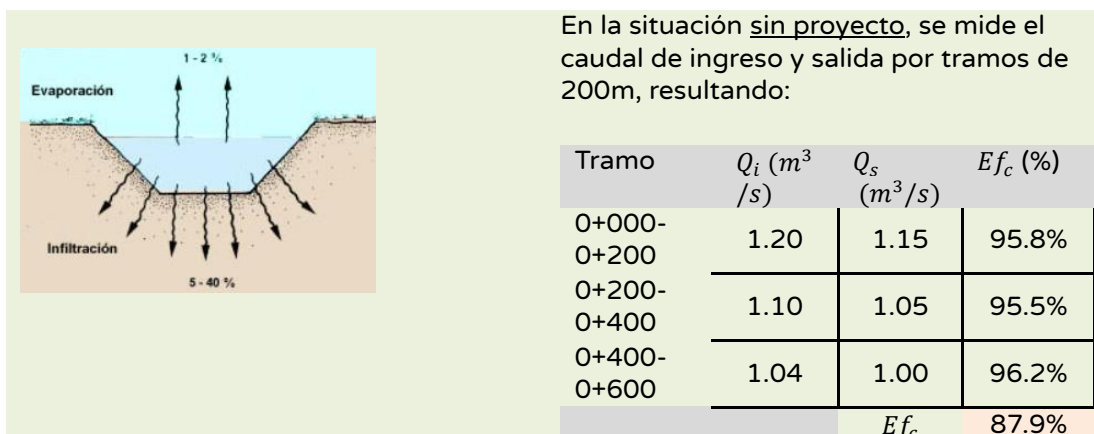
Riego por surco en superficie nivelada con pendiente uniforme $Ef_a = 50\%$

Cambio de tecnología a riego localizado por goteo la $Ef_a = 95\%$

Ejemplo: El cambio de revestimiento de 0.6 km de canal de tierra por canal de concreto, la eficiencia de conducción se incrementará en función a la longitud del canal y caudal de conducción.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Gráfico 36. Caudal de ingreso y salida en la situación sin proyecto



Elaboración propia.

En la situación con proyecto la eficiencia de conducción se basa en experiencias e investigaciones, para un canal revestido de concreto la impermeabilidad es de 50 l/m²/día.

Se calcula la sección del canal rectangular y el perímetro mojado.

Gráfico 37. eficiencia de conducción en la “situación con proyecto”

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Calud (Z):

Longitud (n):

Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m

Área hidráulica (A): m²

Espejo de agua (T): m

Número de Froude (F):

Tipo de flujo:

Perímetro (p): m

Radio hidráulico (R): m

Velocidad (v): m/s

Energía específica (E): m-Kg/Kg

Perímetro mojado = $P_h = 2.146$ m

Superficie húmeda $S = P_h \times L = 2.146 \times 600 = 1287.6$ m²

Perdida de caudal = 1287.6 m² × 50 l/m²/día = 64.38 m³/día

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tramo	Q_i (m^3/s)	Q_s (m^3/s)	Ef_c (%)
0+000-0+600	1.20	1.19	99.9%
		Ef_c	99.9%

Entonces la eficiencia de conducción se mejora de 87.9% a 99.9%.



Elaboración propia.

Paso 2.- Definición de los cambios de los determinantes de la demanda

Para el proyecto de mejoramiento en Santa Rita de Sigüas, en la situación con proyecto se mejora los siguientes indicadores técnicos:

Tabla 75. Cálculo de la Eficiencia de riego

Evaluación en campo	Situación actual	Situación c/proyecto	Intervención
Eficiencia de conducción	91.9%	96.3 %	Mejoram. infraes. de cond.
Eficiencia de distribución	90%	94%	Mejoram. infraes. de distri.
Eficiencia de aplicación Superficial ²⁷ (88%)	49%	49%	No se interviene
Eficiencia de aplicación Localizado ²⁸ (12%)	98%	98%	No se interviene
Eficiencia de riego	45.4%	49.7%	

Elaboración propia.

Paso 3.- Estimación y proyección de la demanda “con proyecto”

Para la estimación de la proyección de la demanda en la situación “con proyecto” durante el horizonte del proyecto, primero se procede a estimar la demanda mensual, utilizando los mismos pasos que en la situación sin proyecto.

Ejemplo: Para un proyecto de mejoramiento de riego en la situación “con proyecto”; se realiza el procedimiento igual que en la situación “sin proyecto” las tareas del 1 al 8; sin embargo, se tiene que variar la tarea 5 “eficiencia de riego” como se ha desarrollado en el paso 2.

Las demandas hídricas en la situación con proyecto han disminuido, es el resultado de una mejora del servicio en las eficiencias de conducción y distribución.

²⁷ Eficiencia de aplicación de riego superficial: Son los riegos por surco, melgas, por mangas y otros riegos gravitacionales.

²⁸ Eficiencia de aplicación de riego localizado: Son los riegos por goteo, microaspersión, por chorros.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 76. Demanda hídrica en la “situación con proyecto”

Pasos	Variables	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
CULTIVO 1													
Paso 1	Eto (mm/mes)	156.6	168.0	179.7	180.3	179.1	162.7	154.4	156.6	142.5	136.5	133.2	141.6
Tarea 2	Kc1 Cultivo 1	0.10	0.20	0.50	0.60	0.95	1.20	1.10	1.05	0.80	0.58	0.80	0.50
	ETc1 Cultivo 1	15.66	33.60	89.85	108.18	170.15	195.20	169.88	164.43	114.00	78.49	106.58	70.80
Tarea 3	Pef (mm/mes)	11.89	33.92	61.39	69.48	87.44	91.30	90.08	82.94	50.20	40.20	31.50	15.50
Tarea 4	Req.Netto (mm/mes)	3.77	-0.32	28.46	38.70	82.70	103.90	79.81	81.49	63.80	38.29	75.08	55.30
Tarea 5	Efr (%)	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%
Tarea 6	RBc1(mm/mes)	7.6	-0.6	57.3	77.9	166.4	209.1	160.6	164.0	128.4	77.0	151.1	111.3
Tarea 7	Area (ha)	624.0	624.0	624.0	624.0	624.0	624.0	832.0	832.0	832.0	832.0	832.0	832.0
Tarea 8	Dem. Cultivo 1 (m³)	47327	-3971	35729 9	48593 5	10383 27	13045 50	13360 13	13642 62	10680 40	64095 0	12569 39	92574 6
CULTIVO 2													
Tarea 1	Eto (mm/mes)	156.6	168.0	179.7	180.3	179.1	162.7	154.4	156.6	142.5	136.5	133.2	141.6
Tarea 2	Kc2 Cultivo 2	0.36	0.56	0.78	0.80	1.01	1.25	1.06	1.09	0.78	0.90	0.43	0.19
	ETc2 Cultivo 2	55.75	94.08	139.27	143.88	180.17	203.34	162.93	170.69	111.15	122.85	57.29	26.90
Tarea 3	Pef (mm/mes)	11.89	33.92	61.39	69.48	87.44	91.30	90.08	82.94	50.20	40.20	31.50	15.50
Tarea 4	Req.Netto (mm/mes)	43.86	60.16	77.88	74.40	92.73	112.04	72.86	87.76	60.95	82.65	25.79	11.40
Tarea 5	Efr (%)	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%
Tarea 6	RBc2(mm/mes)	88.2	121.1	156.7	149.7	186.6	225.4	146.6	176.6	122.6	166.3	51.9	22.9
Tarea 7	Area (ha)	625.0	625.0	625.0	625.0	625.0	625.0	874.5	874.5	874.5	874.5	874.5	874.5
Tarea 8	Dem. Cultivo 1 (m³)	55154 7	75658 6	97932 0	93565 0	11661 18	14089 23	12819 73	15441 70	10724 50	14542 74	45377 0	20066 0
CULTIVO 3													
Tarea 1	Eto (mm/mes)	156.6	168.0	179.7	180.3	179.1	162.7	154.4	156.6	142.5	136.5	133.2	141.6
Tarea 2	Kcn:Cultivo n	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.08	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
	ETcn Cultivo n	164.43	176.40	188.69	189.32	188.06	176.01	162.16	164.43	149.63	143.33	139.89	148.68
Tarea 3	Pef (mm/mes)	11.89	33.92	61.39	69.48	87.44	91.30	90.08	82.94	50.20	40.20	31.50	15.50
Tarea 4	Req.Netto (mm/mes)	152.5	142.5	127.3	119.8	100.6	84.7	72.1	81.5	99.4	103.1	108.4	133.2
Tarea 5	Efr (%)	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%	49.7%
Tarea 6	RBcn(mm/mes)	306.9	286.7	256.1	241.1	202.4	170.4	145.0	164.0	200.1	207.5	218.1	268.0
Tarea 7	Area (ha)	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0	1242.0
Tarea 8	Dem. Cultivo 1 (m³)	38119 52	35606 60	31810 44	29947 57	25142 41	21168 74	18014 13	20365 55	24846 25	25770 88	27086 97	33281 60
CULTIVO "a"													
Tarea 1	Eto (mm/mes)	147.7	157.7	165.6	168.8	29.0	162.7	154.4	145.0	137.0	132.6	133.2	147.7
Tarea 2	Kcn:Cultivo n												
	ETcn Cultivo n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tarea 3	Pef (mm/mes)	11.9	33.9	61.4	69.5	87.4	91.3	90.1	82.9	50.2	47.2	31.5	15.5
Tarea 4	Req.Netto (mm/mes)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Tarea 5	Efr (%)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Tarea 6	RBcn(mm/mes)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Tarea 7	Area (ha)	an	an	an	an	an	an	an	an	----	----	----	----
Tarea 8	Dem. Cultivo 1 (m³)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
DH (hm³)													
		4.41	4.31	4.52	4.42	4.72	4.83	4.42	4.94	4.63	4.67	4.42	4.45
												Total	54.7

Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

La disminución de la demanda hídrica en la situación “con proyecto”, es para cubrir la brecha hídrica identificada en las áreas existentes; no es para incrementar áreas de riego.

3.2 Análisis de la oferta

La oferta está determinada por la cantidad y calidad de agua disponible en una fuente como ríos, quebradas o manantiales, así como por la asignación autorizada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el punto de captación para cada organización de usuarios con fines agropecuarios. Es importante considerar que esta disponibilidad puede verse afectada por los impactos del cambio climático.

Para el análisis de la oferta en el presente servicio público, se debe evaluar de manera mensual y expresarla en unidades de volumen (m³). Además, la normativa vigente en materia de oferta hídrica, establecida en el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, señala lo siguiente:

“Artículo 77º.- Licencias de uso de agua en bloque

77.1 Las licencias de uso de agua en bloque se otorgan a una organización de usuarios, para el uso del agua por una pluralidad de beneficiarios, integrantes de la organización, que comparten una fuente y una infraestructura hidráulica común.

77.2 La organización de usuarios es la responsable de la operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica común, así como de la prestación del servicio de suministro de agua a los titulares de los certificados nominativos que corresponden a la licencia de uso de agua en bloque.

Artículo 212º- Autorización para realizar estudios y ejecución de obras

212.1. La Autoridad Administrativa del Agua autoriza la ejecución de estudios y la ejecución de obras de proyectos de infraestructura hidráulica que se proyecten en las fuentes naturales de agua.

212.2. Las obras se ejecutan conforme a los estudios previamente aprobados por los organismos correspondientes y deben contar con la certificación ambiental respectiva.

Artículo 214º- Opinión técnica de disponibilidad hídrica La Autoridad Administrativa del Agua emite opinión técnica vinculante respecto de la disponibilidad hídrica para la viabilidad de proyectos de infraestructura hidráulica que involucren su utilización. Esta opinión no constituye derecho de uso de agua, no otorga facultades para la ejecución de obras, ni para la utilización del recurso hídrico.”

En ese sentido, para la formulación de un proyecto de la tipología de infraestructura de riego y riego tecnificado, es imprescindible incluir los documentos de aprobación emitidos por la Autoridad Administrativa del Agua, en cumplimiento con la normatividad vigente. A continuación, se presenta una tabla que detalla los documentos requeridos según la naturaleza de la intervención.

Tabla 77. Documentos de sustentación por naturaleza de intervención

Naturaleza de Intervención	Documentos de sustentación
Infraestructura de Riego	
Creación	• Opinión técnica de disponibilidad Hídrica en el punto de captación. • Opinión técnica de disponibilidad hídrica en el punto de ubicación del eje de la estructura de

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Naturaleza de Intervención	Documentos de sustentación
	regulación si fuera el caso. Este documento no sustituye al anterior.
Mejoramiento	Documento de aprobación de la licencia de uso de agua en bloque.
Ampliación	Opinión técnica de disponibilidad Hídrica en el punto de captación.
Recuperación	Documento de aprobación de la licencia de uso de agua en bloque.
Riego Tecnificado	
Mejoramiento	Documento de aprobación de la licencia de uso de agua en bloque.

Elaboración propia

Para mayor detalle, revisar la sección de como elaborar el diagnóstico de la UP del módulo de identificación, donde se indica como calcular la oferta actual y optimizada.

3.3 Brecha oferta - demanda

La brecha oferta-demanda se determina comparando la demanda de agua con proyecto (demanda futura esperada considerando las mejoras propuestas) con la oferta optimizada estimada en el diagnóstico de la infraestructura de riego existente. Además, deben tener las mismas unidades en m³, hm³ o miles de m³.

Por otro lado, en algunos proyectos, no basta con analizar exclusivamente la oferta del sistema de riego en estudio; es necesario identificar el total de la oferta existente en el área de influencia del proyecto, incluyendo otras fuentes de agua o sistemas de riego cercanos. Este análisis permite, ya sea por razones de eficiencia, sostenibilidad o por problemas de saturación o insuficiencia en el sistema de riego, tomar decisiones como redistribuir la demanda hacia sistemas con capacidad disponible o planificar mejoras adicionales en infraestructura.

El análisis de la brecha oferta-demanda se realiza siguiendo los pasos técnicos establecidos, que incluyen:

1. Diagnóstico de la oferta actual en términos de disponibilidad de recursos hídricos (caudales, reservas en embalses o acuíferos) y la capacidad física y operativa de la infraestructura de riego existente.
2. Estimación de la demanda proyectada con base en la población beneficiaria (agricultores, comunidades de riego), tipos de cultivos, áreas irrigables y parámetros como eficiencia de riego y estacionalidad de la demanda.
3. Análisis del área de influencia, considerando fuentes alternativas de agua y sistemas de riego cercanos que podrían complementar o competir con el sistema en estudio.

Los pasos para determinar la Brecha Oferta-Demanda, son los que se muestran a continuación:

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

El balance Oferta-Demanda mensualizado es una herramienta clave para identificar el déficit hídrico anual del proyecto. Una vez realizado este análisis, el formulador deberá desarrollar las proyecciones de oferta y demanda anual para todo el horizonte de evaluación definido en la fase de funcionamiento.

Es importante señalar que, en muchos casos, los volúmenes anuales de oferta hídrica superan la demanda, lo que puede ocultar déficits importantes en ciertos periodos. Por esta razón, el análisis debe incluir un balance mensualizado de Oferta-Demanda, que permita identificar las brechas en el servicio a lo largo del año y orientar mejor las decisiones de diseño y operación.

En situaciones donde se proyecte la construcción de una estructura de regulación, como un embalse, para garantizar el afianzamiento de la oferta hídrica, será necesario sustentar el balance mensualizado mediante un análisis de operación de embalses. Este análisis debe demostrar que, ante la presencia de una demanda constante durante un periodo de tiempo significativo (mínimo 30 años), la oferta es capaz de cubrir dicha demanda en al menos el 75% del tiempo.

Recuadro 10: Cálculo de la brecha oferta – Demanda: PI infraestructura de Riego - Mejoramiento

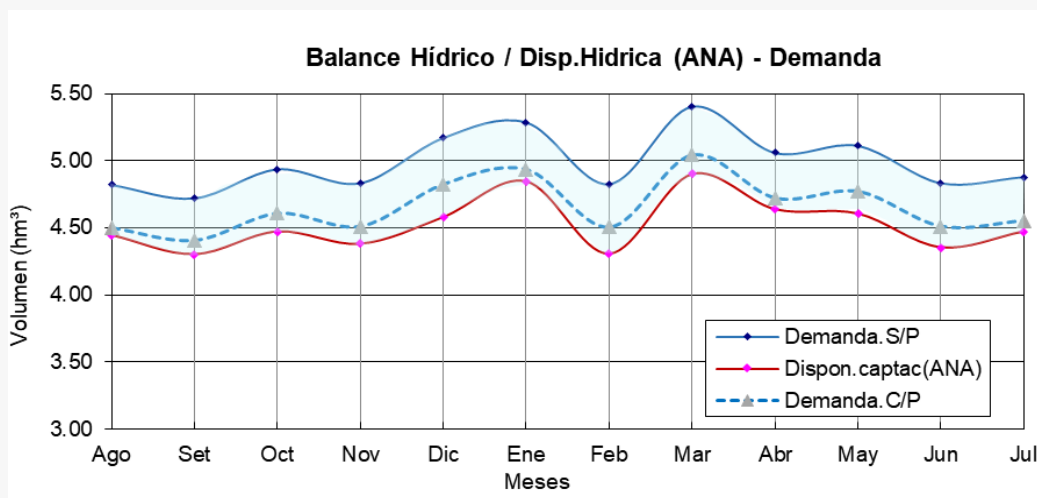
Del proyecto Mejoramiento de un determinado sistema de riego, después de evaluar las pérdidas de agua en la conducción, distribución y aplicación en la situación sin proyecto y en la situación con proyecto; comparamos la demanda bruta de los cultivos y la disponibilidad hídrica asignada y autorizada por la ANA para las áreas agrícolas que requieren mejorar el servicio; resultado lo siguiente:

Tabla 78. Balance hídrico S/C proyecto – Sistema de Riego

V (hm³)	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Total (hm³)
	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	
Demanda Neta	2.19	2.14	2.24	2.19	2.35	2.40	2.19	2.45	2.30	2.32	2.19	2.21	27.17
Demanda.S/P	4.82	4.72	4.94	4.83	5.17	5.28	4.83	5.40	5.06	5.11	4.83	4.88	59.87
Demanda.C/P	4.40	4.31	4.51	4.42	4.72	4.83	4.41	4.93	4.62	4.67	4.42	4.46	54.70
Dispon.captac(ANA)	4.45	4.30	4.47	4.38	4.58	4.85	4.31	4.90	4.64	4.61	4.35	4.47	54.31
Déficit/superavit S/P	0.37	0.42	0.46	0.45	0.59	0.44	0.52	0.50	0.42	0.50	0.48	0.40	-5.55
Déficit/superavit C/P	0.04	0.01	0.04	0.04	0.14	0.02	0.10	0.03	0.02	0.06	0.06	0.02	-0.39

Elaboración propia

Gráfico 38. Balance hídrico S/C proyecto Sistema de Riego



Elaboración propia

Es necesario indicar que la curva de oferta (Dispon. captac); pertenece a un sistema regulado, dado que los volúmenes mensuales son controlados desde un represamiento, y han sido asignados por la ANA.

En la situación sin proyecto tenemos una brecha hídrica a la demanda anual de:

$$\text{Brecha (\%)} = (\text{Disp. Capt.} - \text{Demanda S/P}) / \text{Disp.Capt} \times 100 = 10.3\%$$

En la situación con proyecto tenemos una brecha hídrica a la demanda anual de:

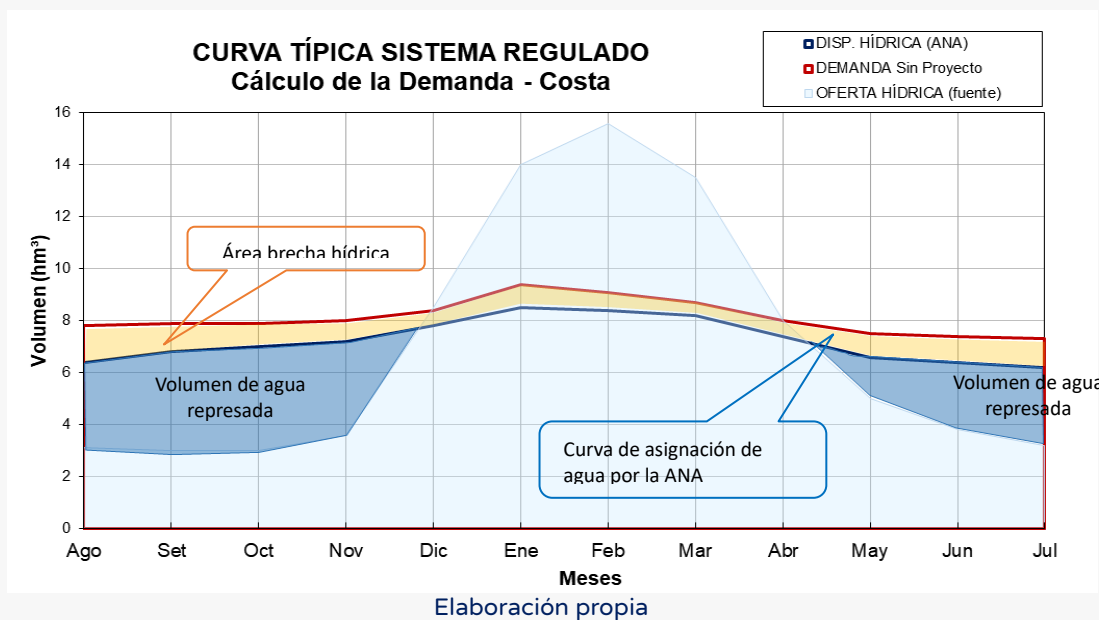
$$\text{Brecha (\%)} = (\text{Disp. Capt.} - \text{Demanda C/P}) / \text{Disp.Capt} \times 100 = 0.7\%$$

Con fines de ayuda a los formuladores se presenta curvas características de la brecha hídrica en diferencias escenarios para sistemas regulados y no regulados.

Recuadro 11: Costa - sistema de riego regulado

En un sistema de riego regulado; entre los meses de diciembre – abril, existe mayor oferta hídrica en la parte alta de la cuenca, debido a la temporada de lluvias, cuyas aguas son represadas y reguladas durante todo el año mediante volúmenes mensuales controlados y asignados por la ANA, por esta razón el déficit hídrico se podría presentar todo el año o en algunos meses, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

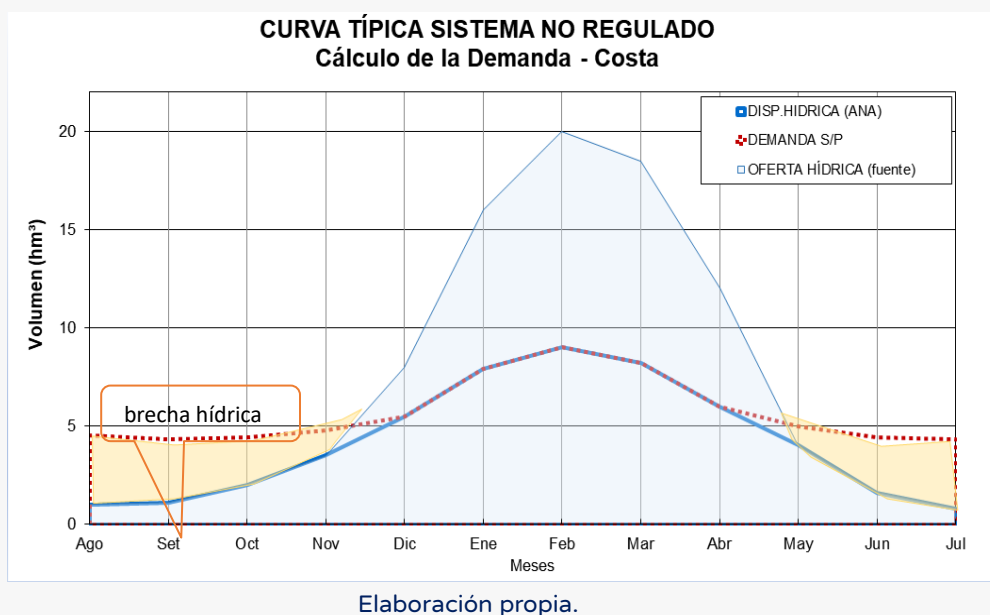
Gráfico 39. Balance hídrico / Sistema Regulado – Costa



Costa - sistema de riego no regulado

En un sistema de riego no regulado en la Costa; el área de la brecha hídrica representada por el color amarillo, principalmente se presenta entre los meses de mayo a noviembre, como se muestra en el siguiente gráfico, siendo el objetivo de mejorar el servicio de provisión de agua principalmente en esta época.

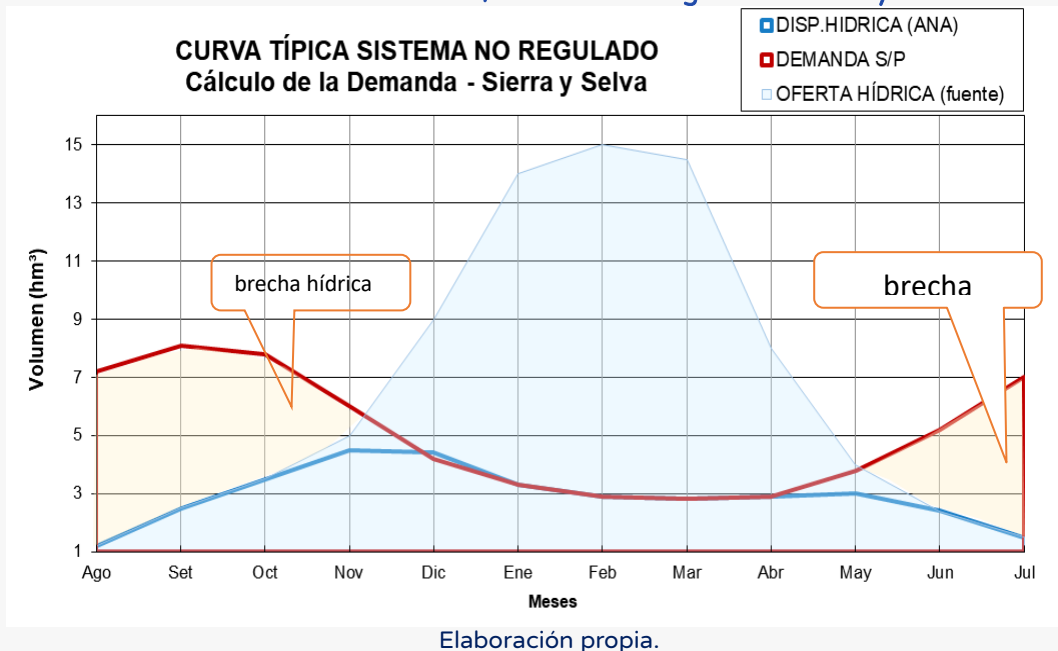
Gráfico 40. Balance hídrico / Sistema no Regulado – Costa



Sierra y Selva - sistema de riego no regulado

En un sistema de riego no regulado en la Sierra y Selva; el área de la brecha hídrica representada por el color amarillo, se presenta principalmente entre los meses de mayo a noviembre, como se muestra en el siguiente gráfico, siendo el objetivo de mejorar el servicio de provisión de agua principalmente en esta época.

Gráfico 41. Balance hídrico / Sistema no Regulado - Sierra y Selva



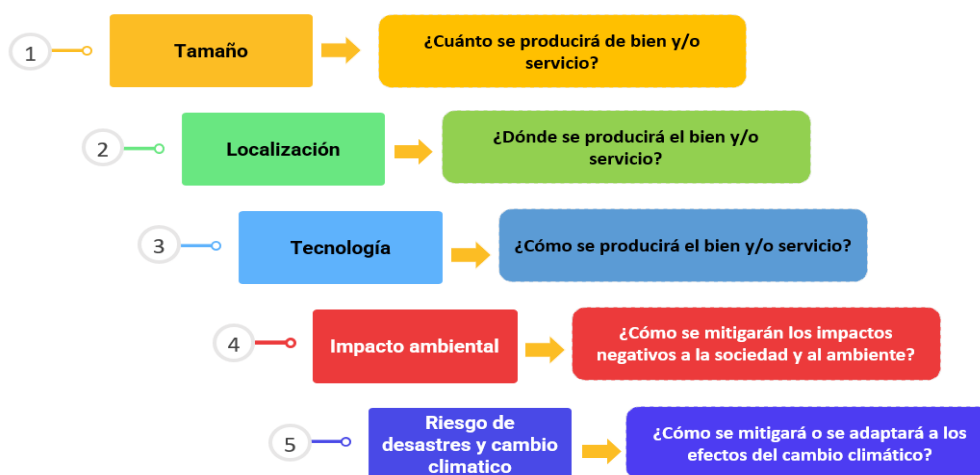
Además, existen sistemas de riego que tienen brecha hídrica por problemas en la captación de agua, cuyas fuentes son ríos o riachuelos caudalosos en época de avenidas, que causan que la brecha hídrica se presente en los meses de enero a marzo y las curvas típicas varíen. Asimismo, existen otras variables que podrían ocasionar que la brecha hídrica varíe en otros meses del año de manera intermitente, cuyo análisis tiene que ser sustentado por el profesional responsable.

Análisis técnico

Para realizar el análisis técnico de un proyecto es fundamental responder a cinco (05) preguntas claves, estas se muestran a continuación:

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Gráfico 42. Pasos para realizar el análisis técnico de un proyecto



Elaboración propia.

El presente análisis, debe tener en cuenta los niveles de servicio, estándares de calidad, normas técnicas sectoriales o nacionales de la tipología de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado. En esta etapa de la formulación se recomienda utilizar estudios básicos de ingeniería, tales como: estudios de suelos, topografía, hidrología, hidrogeología, batimetría, geología, otros estudios especializados que sean necesarios para conocer las opciones de tamaño, localización o tecnología.

Las alternativas técnicas se elaboran con base en tres ejes: tamaño, la localización y la tecnología, que además son interdependientes entre sí. Al desarrollar el análisis de las alternativas técnicas se deben considerar factores condicionantes de localización, tecnología y tamaño para descartar aquellas alternativas técnicas no viables o que no cumplen las normas técnicas pertinentes.

Cabe recalcar que el diseño definitivo de la alternativa seleccionada con el proyecto de inversión será abordado a mayor detalle, en la Fase de Ejecución con el expediente técnico o documento equivalente. El grado de información definido para la determinación del tamaño, la localización y la tecnología tiene un impacto directo en la precisión de la estimación del costo de un proyecto.

Es recomendable que los proyectos sean formulados por equipos multidisciplinarios especializados.

Alternativa de solución: Conjunto de acciones que se derivan del análisis de los medios fundamentales que conllevan al logro del objetivo central del proyecto de inversión.

Por ejemplo, en un proyecto de riego tecnificado, se cuenta con una alternativa de solución única, que implica la instalación de un sistema de riego tecnificado presurizado: a) construcción de captación, b) construcción de reservorio, c) construcción de líneas de conducción y distribución, d) construcción de obras de arte (caseta de protección y caja de protección y seguridad, pase aéreo), e) Equipamiento de un sistema de control y medición (cabezal de riego, válvula de aire y válvula de purga), f) Equipamiento de riego tecnificado a nivel parcelario (arco de riego, sistema fertirriego, red de tubería portalateral y laterales de riego)

Alternativa Técnica: Se genera a partir del análisis de localización, tamaño y tecnología de una alternativa de solución.

Por ejemplo, la alternativa técnica, que surge luego del análisis de la localización, tamaño y tecnología de la alternativa de solución antes mencionada, es la siguiente:

El proyecto propone la construcción de un sistema de riego para optimizar el uso del agua en un área de 24.47 ha destinada al cultivo. Se captará agua desde una fuente superficial y se almacenará en un reservorio de geomembrana de 1,197.7 m³. Para la captación, se implementará un sistema de bombeo compuesto por una canastilla, una bomba de 12 HP y tuberías de PVC de 160 mm C 5.0.

El sistema de distribución incluirá tuberías de distintos diámetros enterradas en zanjas según su tamaño, asegurando una conducción eficiente. En cada unidad de riego se instalarán arcos de riego de 2" con sistemas de fertirriego, además de tuberías portalaterales y mangueras autocompensantes de 16 mm. Asimismo, se incorporarán obras de arte y equipos de control, como válvulas de aire, reductoras de presión y válvulas de purga, garantizando un adecuado funcionamiento del sistema. La ubicación del reservorio permitirá el riego por gravedad, optimizando el uso del recurso hídrico.

Las herramientas recomendadas que se podrían utilizar para realizar el análisis técnico son:

- AutoCAD Civil 3D, HEC-RAS, EPANET (para diseños y simulaciones hidráulicas)
- Google Earth Pro (validación de datos geográficos).
- Entre otros.

3.4 Aspectos Técnicos

Considerando las alternativas planteadas para atender a la población objetivo y reducir la brecha en la oferta del servicio de agua para uso agrícola, es fundamental evaluar tres aspectos físicos-técnicos interdependientes: tamaño, localización y

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

tecnología. Además, este análisis debe complementarse con la evaluación ambiental, así como con la gestión del riesgo de desastres y el impacto del cambio climático. En este sentido, se deberá analizar lo siguiente:

- a) **Tamaño:** Se refiere a la capacidad de producción del bien o servicio en un periodo determinado.
- b) **Localización:** Para proyectos de riego se deben identificar las vías de acceso, servicios básicos, medios de transporte, ubicación del centro poblado más cercano para que el proyecto produzca el mayor beneficio social a los usuarios.
- c) **Tecnología:** Se requiere identificar los activos en cada una de las etapas del proceso de producción, para evaluar la mejor opción de las diferentes alternativas tecnológicas que cumplan las especificaciones técnicas.
- d) **Análisis Ambiental:** Analizar y evaluar los impactos positivos y negativos que el proyecto genere sobre el ambiente, estos podrían influir en la rentabilidad social del proyecto.
- e) **Riesgo de desastres y cambio climático:** plantea medidas para prevenir riesgos futuros en la prestación del servicio de una UP ante desastres o cambio climático, evaluando los riesgos identificados en el diagnóstico sobre el diseño preliminar de alternativas técnicas.

A. Tamaño:

Para en análisis del tamaño se deberán seguir dos siguientes pasos:

- **Paso 1: Identificación de los factores condicionantes**

Los factores condicionantes que generalmente influyen en la determinación del tamaño para las alternativas de solución de la presente tipología son los siguientes:

Brecha Oferta-Demanda

La brecha es el primer criterio para tomar en cuenta en la determinación del tamaño del PI, así como los activos vinculados a una capacidad de producción.

Periodo óptimo de diseño

Se utiliza este concepto para dimensionar los principales activos del sistema de riego.

Restricciones de localización

En algunos proyectos la localización puede influir sobre el tamaño.

Restricciones de tecnología

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Para ciertos procesos productivos del servicio, los proveedores de tecnología no producen soluciones por debajo de una capacidad determinada.

Disponibilidad de recursos

La disponibilidad de algunos recursos naturales (agua, biodiversidad, suelos y bosques, entre otros) podría verse reducida por cambios en las tendencias de las variables climáticas (como temperatura y precipitación) de tal forma que ésta disminuya y afecte el tamaño del proyecto.

Tabla 79. Identificación de los factores condicionantes en un proyecto de mejoramiento de un canal de riego

Alternativa única	Factores condicionantes
1.1 Revestimiento de muros y piso de canal de conducción una longitud de 2.42 km.	Brecha: Asegurar la conducción de la oferta hídrica asignada por la ANA, para cubrir la demanda de 54.3 hm ³ /año.
2.1 Construcción de dos caídas de	Periodo del horizonte con el cual se va a estimar la brecha Se plantea utilizar una tecnología que tenga una duración 30 años de vida útil. Restricciones de tecnologías Automatización de los Controladores y reguladores de caudal de agua en las tomas de distribución.
2.2 Construcción de dos pozas disipadoras	
3.1 Instalación de 10 medidores y compuertas de control de caudal.	
3.2 Capacitación a operadores del sistema	
3.3 de riego.	

Elaboración propia.

Tabla 80. Identificación de los factores condicionantes de un proyecto de creación de un sistema de riego

Alternativa de solución 1	Factores condicionantes
1.1 Instalación de la línea de conducción 14.01 km y obras conexas.	Brecha: Asegurar la conducción de la oferta hídrica acreditada por la ANA para cubrir la demanda 0.45 hm ³ . Almacenar agua en época de lluvias mediante una infraestructura hidráulica = 40,000 m ³ Periodo del horizonte con el cual se va a estimar la brecha Se plantea utilizar una tecnología que tenga una duración 50 años de vida útil. Restricciones de localización El área de influencia del proyecto donde se proyectan las infraestructuras hidráulicas está determinada por la aceptación de la comunidad.
1.2 Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control.	
2.3 Construcción de una captación	
2.4 Construcción de cuatro reservorios para almacenar 40,000 m ³ de agua de lluvias.	
3.3 Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego.	
3.4 Asistencia técnica en tecnología del riego	

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Alternativa de solución 1	Factores condicionantes
	Disponibilidad de recursos La disponibilidad hídrica podría disminuir por efecto del cambio climático.
Alternativa de solución 2	Factores condicionantes
1.3 Instalación de la línea de conducción 14.01 km y obras conexas. 1.4 Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control. 2.1 Construcción de una captación. 2.2 Construcción de dique de represamiento Tambococha. 3.1 Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego. 3.2 Asistencia técnica en tecnología del riego	Brecha: Asegurar la conducción de la oferta hídrica acreditada por la ANA para cubrir la demanda 0.55 hm ³ . Almacenar agua en época de lluvias mediante una infraestructura hidráulica = 100,000 m ³ Periodo del horizonte con el cual se va a estimar la brecha Se plantea utilizar una tecnología que tenga una duración 50 años de vida útil. Restricciones de localización El área de influencia del proyecto donde se proyectan las infraestructuras hidráulicas está determinada por la aceptación de la comunidad. Disponibilidad de recursos La disponibilidad hídrica podría disminuir por efecto del cambio climático.

Elaboración propia.

● Paso 2: Análisis de opciones de tamaño

Con la información recopilada en el paso anterior, se debe analizar opciones de tamaño del proyecto, que cumplan con los niveles de servicio, estándares de calidad, normas técnicas que le sean aplicables y los factores condicionantes del tamaño.

Esta opción es para analizar las opciones de tamaño del proyecto; que cumplan con los estándares de cantidad, calidad, normas técnicas que sean aplicables al tamaño.

Tabla 81. Análisis de opciones de tamaño de un proyecto de mejoramiento de un canal de riego

Activos	Factores condicionantes	Dimensión física Alternativa única
Canal de conducción.	Brecha: Asegurar la conducción de la oferta hídrica asignado por el ANA, para cubrir la demanda de 54.3 hm ³ /año.	Diseño de la estructura de conducción para el mes de máximo caudal registrado = 5.0 m ³ /s. Diseño de las estructuras de distribución para el mes de máxima demanda registrada. Tomas laterales entre 0.67 m ³ /s y 0.23 m ³ /s.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Activos	Factores condicionantes	Dimensión física Alternativa única
Canal de distribución	Periodo del horizonte con el cual se va a estimar la brecha Se plantea utilizar una tecnología que tenga una duración 30 años de vida útil.	1) Revestimiento con concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. 2) Revestimiento con tubería corrugada HDPE, reforzada.
Canal de distribución	Restricciones de tecnologías Medidores y reguladores de caudal de agua en las tomas de distribución, demandan mayores costes en la operación de los turnos de riego.	1) Compuertas con reguladores y medidores de caudal, automatizados. $\pm 2\%$ pérdida de caudal 2) Compuertas con reguladores y medidores de caudal manuales y vertedor de concreto $\pm 5\%$ de pérdida de caudal.

Elaboración propia.

Tabla 82. Análisis de opciones de tamaño de un proyecto de Creación de un sistema de riego

Activos	Factores condicionantes	Dimensión física Alternativa 1	Dimensión física Alternativa 2
Estructura de almacenamiento	Brecha Asegurar la disponibilidad hídrica que se demanda.	Asegurar la oferta hídrica acreditada por la ANA para cubrir la demanda 0.45 hm^3 . Almacenar agua en época de lluvias mediante una infraestructura hidráulica = $40,000 \text{ m}^3$	Asegurar la oferta hídrica acreditada por la ANA para cubrir la demanda 0.55 hm^3 . Almacenar agua en época de lluvias mediante estructura de represamiento. $H_{dique} = 21.5 \text{ m}$ Volumen = $100,000 \text{ m}^3$ Sección de canal para $Q_{\text{máx}} = 50 \text{ l/s}$
Canal de conducción y obras conexas		Sección de canal para $Q_{\text{máx}} = 25 \text{ lps}$	
Estructura de almacenamiento	Periodo del horizonte con el cual se va a estimar la brecha Se plantea utilizar una tecnología que tenga una duración 50 años de vida útil.	Reservorio de tierra, revestido con material geomembrana HDPE.	Dique de concreto ciclópeo $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Canal de conducción y obras conexas		Canal entubado HDPE	Canal entubado HDPE
Estructura de almacenamiento	Restricciones de localización El área de influencia del proyecto donde se proyectan las infraestructuras hidráulicas.	Área de embalse a favor del proyecto que tiene que ceder la comunidad, 4 ha.	Área de embalse a favor del proyecto que tiene que ceder la comunidad, 10 ha.
Captación	Disponibilidad de recursos La disponibilidad hídrica podría disminuir por efecto del cambio climático.	Disminución del volumen demandado 70% (0.315 hm^3)	Disminución del volumen demandado 70% (0.385 hm^3)

Elaboración propia.

B. Localización:

Para en análisis de la localización se deberán seguir los siguientes pasos:

- **Paso 1: Identificación de los factores condicionantes**

Ubicación de la población objetivo:

Es la localización geográfica de la población que será atendida con el proyecto. La UP debería ubicarse lo más cerca posible a las propiedades de los usuarios.

Vías de acceso a la UP:

Son las vías urbanas e interurbanas que puede utilizar la población objetivo para acceder a los servicios de la UP. Los usuarios deben acceder a la UP sin dificultades, esto supone que dispongan de vías adecuadas e interconectadas a otras vías de la localidad o a carreteras, evitando en lo posible zonas de congestión de tránsito.

Facilidades para la provisión de insumos:

Se refiere a la cercanía de los proveedores de insumos que son utilizados para el proceso de producción del servicio.

Exposición a peligros:

Con la información sobre las áreas de impacto de los peligros relevantes, se determina si la UP puede estar afectada por un desastre, ya que de este dependerá la magnitud de los probables daños a la UP y sus efectos sobre la prestación del servicio.

Condiciones topográficas y de calidad del suelo:

La topografía es relevante cuando la determinación de las dimensiones del proyecto esté directamente relacionada con las alturas físicas del terreno donde será implementado. También es relevante la especificación de factores geotécnicos; factores como la zona de amenaza sísmica, perfil de suelo, tipo de suelo, la capacidad portante o resistencia del terreno y las propiedades de deformación del suelo.

Precio del terreno:

El costo por área del terreno puede plantear opciones para elegir entre localizaciones de las obras de arte o estructuras de regulación y almacenamiento, en función a un criterio de eficiencia económica.

El diagnóstico del área de estudio brinda información relevante sobre los factores condicionantes de la localización.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 83. Identificación de los factores condicionantes en la localización de un proyecto de mejoramiento de un canal de riego

Alternativa única	Factores condicionantes
1.1 Revestimiento de muros y piso de canal de conducción una longitud de 2.42 km.	Ubicación de la población objetivo La población objetivo se ubica en el distrito de Santa Rita de Siguan a 10 minutos del área de influencia del proyecto.
2.1 Construcción de dos caídas de	Vías de acceso de la UP El área del proyecto se ubica a dos horas de distancia de la ciudad de Arequipa, mediante carretera asfaltada.
2.2 Construcción de dos pozas disipadoras	En todo el recorrido de la infraestructura de conducción (25km) existe vías carrozables de vigilancia, y se conecta hasta el distrito.
3.1 Instalación de 10 medidores y compuertas de control de caudal.	Facilidades para la provisión de insumos: La ciudad de Arequipa.
3.2 Capacitación a operadores del sistema de riego.	Condiciones topográficas y calidad de suelos Determinación de la calidad y tipo de suelo en el tramo donde se asentará las estructuras de conducción y obras de arte.

Elaboración propia.

Tabla 84. Identificación de los factores condicionantes en la localización de un proyecto de Creación sistema de riego

Alternativa de solución 1	Alternativa de solución 2	Factores condicionantes
1.1 Instalación de la línea de conducción 14.01 km y obras conexas.	1.1 Instalación de la línea de conducción 14.01 km y obras conexas.	✓ Ubicación de la población objetivo. El área de influencia se ubica a 12 km del centro poblado.
1.2 Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control.	1.2 Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control.	✓ Vías de acceso de la UP. Las vías de acceso son trochas carrozables.
2.1 Construcción de una captación	2.1 Construcción de una captación.	✓ Facilidades para la provisión de insumos. La ciudad de Huamanga y Lima.
2.2 Construcción de cuatro reservorios para almacenar 40,000 m ³ de agua de lluvias.	2.2 Construcción de dique de represamiento Tambococha.	✓ Exposición a peligros Geografía accidentada.
3.1 Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego.	3.1 Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego.	✓ Precio de terreno. La comunidad valorizará con respecto al área.
3.2 Asistencia técnica en tecnología del riego	3.2 Asistencia técnica en tecnología del riego	

Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

● Paso 2: Análisis de opciones de Localización

Como resultado de la evaluación de los factores condicionantes se debe identificar y describir las opciones posibles de localización para que la UP proporcione los servicios en forma eficiente y los usuarios puedan acceder sin dificultades a éstos. Aquellas opciones que no superen los factores condicionantes de localización deben rechazarse.

Como resultado de la evaluación de los factores condicionantes se debe identificar y describir las opciones posibles de localización.

Tabla 85. Análisis de opciones de Localización de un proyecto de Mejoramiento del canal del canal de riego

Factores concionantes	Opciones de localización Alternativa única
Ubicación de la población objetivo La población objetivo se ubica en el distrito de Santa Rita de Sigwas de 10 a 30 minutos del área de influencia del proyecto.	La infraestructura hidráulica, se ubica cerca de la población beneficiaria y de la población del distrito de Santa Rita de Sigwas; será una ventaja para desplazar la mano de obra y tener cerca los servicios básicos durante la ejecución del proyecto. Los puntos de adquisición de herramientas, materiales y equipos se traerán de la ciudad de Arequipa. Existen canteras cercanas para hacer el mejoramiento geotécnico de los suelos donde se asentará las estructuras hidráulicas.
Vías de acceso de la UP El área del proyecto se ubica a dos horas de distancia de la ciudad de Arequipa, mediante carretera asfaltada. En todo el recorrido de la infraestructura de conducción (25km) existe vías carrozables de vigilancia, y se conecta hasta el distrito.	
Facilidades para la provisión de insumos: La ciudad de Arequipa.	
Condiciones topográficas y calidad de suelos Determinación de la calidad y tipo de suelo en el tramo donde se asentará las estructuras de conducción y obras de arte.	

Elaboración propia.

Tabla 86. Análisis de opciones de Localización de un proyecto de Creación sistema de riego

Factores condicionantes	Opciones de localización Alternativa de solución 1	Opciones de localización Alternativa de solución 2
Ubicación de la población objetivo.	El área de influencia se ubica a 8 km del centro poblado.	El área de influencia se ubica a 12 km del centro poblado.
Vías de acceso de la UP Las vías de acceso son trochas carrozables.	El acceso desde los reservorios proyectados al CP de la UP es de 12 km de	El acceso desde el dique al CP de la UP es camino de herradura 3 km y 12 km de

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Factores condicionantes	Opciones de localización Alternativa de solución 1	Opciones de localización Alternativa de solución 2
	trocha afirmada hasta las áreas de riego.	trocha afirmada hasta las áreas de riego.
Facilidades para la provisión de insumos.	Los insumos (materiales y equipo y herramientas) se trasladarán desde la ciudad de Huamanga y Lima.	Los insumos (materiales y equipo y herramientas) se trasladarán desde la ciudad de Huamanga y Lima.
Precio de terreno. La comunidad valorizará con respecto al área	El precio se valorizará por 4 ha, donde se ubican los reservorios.	El precio se valorizará por 10 ha, donde se ubican los reservorios.

Elaboración propia.

C. Tecnología:

Para en análisis de la tecnología se deberán seguir los siguientes pasos:

- **Paso 1: Identificación de los factores condicionantes**

Los factores condicionantes que influirán en la selección de la mejor tecnología para las alternativas de solución, entre otros, son los siguientes:

Especificaciones técnicas:

Las características técnicas que haya fijado el Sector Agrario y Riego condicionan la tecnología que se debe aplicar, sea para la inversión o para la operación y el mantenimiento, lo cual se reflejará en las especificaciones técnicas de los equipos, las técnicas constructivas y los materiales a emplearse, entre otros.

Condiciones del proveedor:

- Garantía del servicio de mantenimiento a los equipos. La sostenibilidad del proyecto depende, entre otros, del mantenimiento oportuno de los equipos. Para seleccionar la tecnología se debe considerar el acceso a servicios de mantenimiento de los equipos.
- Grado de dependencia del proveedor. Se debe considerar el grado de dependencia de un proveedor para el soporte técnico y la disponibilidad de los repuestos durante la fase funcionamiento.
- Entrenamiento que brindará el proveedor. Cuando se adquiere equipos es importante que quienes vayan a operarlos sean entrenados por el proveedor, este servicio debería considerarse dentro del contrato de suministro.

Obsolescencia tecnológica:

Este factor puede determinar reposiciones continuas por lo que es importante evaluar el periodo de vigencia tecnológica de los equipos.

Condiciones climáticas y físicas:

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Se debe tener en cuenta las condiciones de la zona donde se ubica el PI como: clima, suelos y topografía, entre otros.

Disponibilidad de recursos:

Las características y la calidad del recurso pueden condicionar la aplicación de una determinada tecnología. Por ejemplo, si el agua que se captará tiene muchos sedimentos o presencia de sólidos o minerales, los procesos y las instalaciones que se requieren son diferentes (sedimentación, floculación, filtración, entre otros) en comparación con una situación en la que el agua es de mejor calidad como la proveniente de un manantial, que requiere solo un proceso de cloración.

Condiciones ambientales:

Se debe considerar los efectos del cambio climático en la disponibilidad o calidad de los recursos o insumos a utilizar, que a su vez podría afectar la calidad del servicio.

En función de los factores condicionantes se deberá recopilar información relacionada con las distintas opciones técnicas que se pueden aplicar en el proyecto.

Identificar los factores condicionantes de la tecnología de la UP para seleccionar la mejor opción tecnológicas de la alternativa de solución.

Tabla 87. Identificación de los factores condicionantes respecto a la tecnología de un proyecto de Mejoramiento del canal del Sistema de riego

Alternativa de solución	Factores condicionantes
1.2 Revestimiento de muros y piso de canal de conducción una longitud de 2.42 km. 2.1 Construcción de dos caídas de 2.2 Construcción de dos pozas disipadoras 3.1 Instalación de 10 medidores y compuertas de control de caudal. 3.2 Capacitación a operadores del sistema de riego.	Especificaciones técnicas Los canales de conducción y obras conexas pueden ser revestidos con concreto 210 kg/cm ² , mampostería de piedra asentado con concreto, tubería estructural corrugada HDPE. Condiciones del proveedor Para las compuertas automatizadas y manuales, existen proveedores que si brindan asistencia técnica y servicio de entrenamiento durante la operación de la infraestructura.

Elaboración propia.

Tabla 88. Identificación de los factores condicionantes respecto a la tecnología de un proyecto de Creación sistema de riego

Alternativa de solución 1	Factores condicionantes
1.1 Instalación de la línea de conducción 14.01 km y obras conexas.	Especificaciones técnicas Los materiales y equipos que se adquieran como las tuberías HDPE, geomembranas, válvulas de fierro, tienen que cumplir con la calidad, en cuanto a presión

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

1.2 Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control.	de trabajo, esfuerzos de corte, elasticidad, corrosión, golpes y otros, según las Normas ISO y NTP y el DIN.
2.1 Construcción de una captación	Obsolescencias tecnológicas Durabilidad, reposición continua o mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas.
2.2 Construcción de cuatro reservorios para almacenar 40,000 m ³ de agua de lluvias.	Condiciones climáticas y físicas Para los diseños de las infraestructuras hidráulicas se tomará en consideración la topografía, suelos, clima, drenaje para que la estructura no falle.
3.1 Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego.	Condiciones ambientales Capacitación y asistencia técnica en gestión de los recursos hídricos.
3.2 Asistencia técnica en tecnología del riego	
Alternativa de solución 2	Factores condicionantes
1.1 Instalación de la línea de conducción 14.01 km y obras conexas.	Especificaciones técnicas Los materiales y equipos que se adquieran como las tuberías HDPE, geomembranas, válvulas de fierro y material de préstamo, tienen que cumplir con la calidad, en cuanto a presión de trabajo, esfuerzos de corte, elasticidad, corrosión, golpes y otros, según las Normas ISO y NTP y el DIN.
1.2 Instalación de línea de distribución, obras de regulación y control.	Obsolescencias tecnológicas La reposición continua o mantenimiento de la compuerta de la presa, requiere mano de obra calificada constante.
2.1 Construcción de una captación.	Condiciones climáticas y físicas Para los diseños de las infraestructuras hidráulicas se tomará en consideración la topografía, suelos, clima, drenaje y geotecnia para que la estructura no falle.
2.2 Construcción de dique de represamiento Tambococha.	Condiciones ambientales Capacitación y asistencia técnica en gestión de los recursos hídricos.
3.1 Capacitación en gestión de los recursos hídricos para riego.	
3.2 Asistencia técnica en tecnología del riego	

Elaboración propia.

● Paso 2: Análisis de opciones de Tecnología

Como resultado de la evaluación de los factores condicionantes se identificarán las alternativas de tecnología para la ejecución y funcionamiento de la UP intervenida para que pueda producir con eficiencia los bienes o servicios.

Las distintas opciones de tecnología pueden generar diferentes costos de inversión, reposición, operación y mantenimiento que se deberá tomar en cuenta para el diseño preliminar de las alternativas técnicas.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 89. Análisis de opciones de Tecnología de un proyecto de Mejoramiento del Sistema de riego

Procesos	Activo	Factores condicionantes	Opciones tecnológicas	Opciones tecnológicas seleccionadas
Conducción	Canal de conducción y obras conexas	Especificaciones técnicas	1. Revestimiento con concreto $f'c=210$ kg/cm ² 2. Canal con tubería HDPE corrugada	Revestimiento con concreto $f'c=210$ kg/cm ²
Distribución	Tomas laterales	Condiciones del proveedor	1. Equipo automatizado (compuertas) 2. Equipo manual c/ aforador vertedor	Equipo manual c/ aforador vertedor

Elaboración propia.

Tabla 90. Análisis de opciones de Tecnología de un proyecto de Creación del Sistema de riego

Procesos	Activo	Factores condicionantes	Opciones tecnológicas	Opciones tecnológicas seleccionadas
Conducción Distribución	Canal de conducción, distribución y obras conexas	Especificaciones técnicas	1. Instalación de la línea de conducción con tubería HDPE. 2. Instalación de línea de conducción con PVC	Instalación de línea de conducción con tubería HDPE.
Captación	Estructura de captación	Obsolescencia tecnológica	1. Construcción de concreto armado $f'c=280$ kg/cm ² . 2. Construcción con mampostería de piedra, asentado con concreto.	Construcción de concreto armado $f'c=280$ kg/cm ² .
Almacenamiento	Reservorios	Condiciones climáticas y físicas	1. Reservorios revestidos con concreto armado. 2. Reservorios revestidos con mampostería de piedra 3. Reservorios revestidos con geomembrana y geotextil.	Reservorios revestidos con geomembrana y geotextil.

Elaboración propia.

D. Impacto Ambiental

Los proyectos de inversión generan impactos ambientales que influyen en la selección de alternativas y su rentabilidad social. Los sectores emiten normas para orientar el análisis de estos impactos, y las alternativas técnicas deben incluir medidas de mitigación, ya sea integradas al diseño de la UP o como acciones independientes. Además, el análisis debe identificar externalidades positivas y negativas en la ejecución y funcionamiento, considerándolas en la evaluación social como beneficios o costos.

Los proyectos de inversión pueden generar impactos positivos o negativos en el ambiente que alcanzan a influir en la sección de alternativas del tamaño, localización, tecnología y por consiguiente su rentabilidad social.

Al realizar la matriz de identificación de impactos ambientales en la ejecución y funcionamiento de un proyecto de “mejoramiento”; se identifican principalmente impactos positivos y algunos impactos negativos leves durante la ejecución; asimismo se identifican las acciones que se requieren para prevenir o mitigar los efectos adversos que el proyecto generaría en el medio ambiente.

Se identifican algunos casos de impacto positivos y negativos en un proyecto de riego.

Tabla 91. Análisis ambiental de un proyecto de riego de la naturaleza mejoramiento

Análisis ambiental / Naturaleza: Mejoramiento		
Actividades	Efectos negativos	Acciones de prevención
Extracción de árboles que se encuentran adyacentes al canal que se revestirá.	• Pérdida paisajística • Microfauna afectada	• Plantaciones en árboles. • Trasplante de árboles.
Cambio de tecnología de canal abierto por canal entubado	• Pérdida de fuentes de agua donde beben los animales de la comunidad.	• Proyección de bebederos en lugares estratégicos que esté alimentado por el canal.
Instalación de obras de almacenamiento	• Personas y Fauna existente queda expuesta a muertes por ahogamientos.	• Cerco perimétrico para evitar el ingreso de personas o animales que circulan por el lugar. • Colocación de escalones en el interior para casos de mantenimiento y limpieza.
Revestimiento de canal con concreto liso y cambio de sección de canal a trapezoidal, para $Q > 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ incrementa las velocidades de flujo y podría causar	• Caídas de personas o animales, quedan expuestas a muerte por ahogamiento.	• Diseño de pases peatonales cuando correspondan en caminos transitados o cada cierta distancia identificado por los usuarios.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Análisis ambiental / Naturaleza: Mejoramiento		
daños si las personas quieren cruzarlo.		• Diseño de tiradores en los bordes del canal en caso de emergencia.
Obras de arte como caídas, sifones, pozas disipadoras y rápidas para canales caudalosos son peligrosos para personas y fauna existente si se introducen.	• Caídas de personas o animales, quedan expuestas a muerte por ahogamiento.	• Letreros informativos de peligro para no ingresar a estas áreas. • Instalación de tiradores en el perímetro de la estructura que permitan salir en caso de emergencia.
Actividades	Efectos positivos	Impacto Positivo
Mejorar el servicio de provisión de agua para uso agrícola.	• Mayores rendimientos de los cultivos. • Incremento de la producción agrícola	• Se mejora los ingresos en la actividad agrícola en la localidad.
Ejecución de infraestructura hidráulica	• Mayor oportunidad de trabajo.	• Se mejora los ingresos en la Localidad.
Elaboración propia.		

Al realizar la matriz de identificación de impactos ambientales en la ejecución y funcionamiento de un proyecto de “creación”; se identifican principalmente impactos negativos y algunos impactos positivos leves durante la ejecución; asimismo, se identifican las acciones que se requieren para prevenir o mitigar los efectos adversos que el proyecto generaría en el medio ambiente.

Se identifican algunos casos de impacto positivos y negativos en un proyecto de riego.

Tabla 92. Análisis ambiental de un proyecto de riego de la naturaleza creación

d) Análisis ambiental / Creación		
Actividades	Efectos negativos	Acciones de prevención
Extracción de árboles, arbustos o vegetación natural que se encuentren en el trazo de las infraestructuras hidráulicas.	• Pérdida paisajística • Microfauna afectada • Afectación de la flora	• Plantaciones en árboles. • Revegetación
Inundación de vasos naturales	• Pérdida paisajística • Microfauna afectada • Afectación de la flora	• Mayor análisis del EIA, que determine las acciones de mitigación.
Movimiento de tierras en trazos nuevos.	• Modificación paisajística • Afectación de la flora	• Reposición, compactación y revegetación del área afectada.
Compromiso de acuerdos de los involucrados para la libre disponibilidad de terreno donde se	• Terrenos comunales y privados son afectados por la construcción de obras hidráulicas.	• Información del proyecto a todos los involucrados.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

d) Análisis ambiental / Creación		
intervendrá con infraestructura hidráulica.		• Documentos de saneamiento legal de disponibilidad de terreno a favor del proyecto.
Erosión de áreas agrícolas en la fase post-inversión del proyecto.	• Áreas agrícolas preparadas para uso potencial de cultivos bajo riego.	• Capacitación y asistencia técnica a los nuevos usuarios de la infraestructura hidráulica. • El proyecto debe contemplar prácticas culturales de los terrenos cuando lo requiera.
Actividades	Efectos positivos	Impacto Positivo
Incorporación del servicio de provisión de agua para uso agrícola.	• Incorporación de nuevas áreas para uso agrícola bajo riego. • Incremento de la producción agrícola, local, regional y nacional. • Mayor oportunidad de trabajo en actividades agropecuarias y/o agroindustriales.	• Se abren nuevas oportunidades socioeconómicas para la población por efecto de la actividad agrícola. • Se crea nuevas aéreas verdes, favorables para la fauna, flora y el medio ambiente en general.
Ejecución de infraestructura hidráulica	• Mayor oportunidad de trabajo.	• Se mejora los ingresos en la Localidad.

Elaboración propia.

E. Riesgo de Desastres y Cambio Climático:

La Gestión de Riesgo en un Contexto de Cambio Climático (GdR-CCC) define medidas para prevenir riesgos futuros en la prestación de servicios de una UP ante desastres potenciales o cambio climático, evaluando riesgos identificados en el diagnóstico técnico preliminar (localización, tecnología, tamaño) bajo normas sectoriales y nacionales. Identifica acciones para reducir la exposición y vulnerabilidad, así como medidas correctivas frente a riesgos residuales. Las Medidas de Reducción de Riesgo en un Contexto de Cambio climático. (MRR-CCC) pueden integrarse como parte de la UP o ser acciones independientes, y cuando forman parte del activo, no requieren metas físicas de mitigación.

El principal peligro que se identifica en un área de influencia es la Sequía; debido que se sitúa en un clima árido. Existen años secos donde la precipitación disminuye considerablemente, y el plan de contingencia de los usuarios de riego para la siguiente campaña es disminuir las áreas cultivadas e ir incorporando mejoras en la eficiencia de aplicación mediante la instalación en sus parcelas con riego localizado; sin embargo, se identifican daños y pérdidas como son:

- Pérdida de la capacidad de producción parcial de la actividad agrícola.
- Disminución de ingresos por la actividad agroeconómica en la población.
- Incremento de los costos de producción agrícola.

3.5 Planteamiento de las alternativas técnicas factibles

Se deberá desarrollar el planteamiento de las alternativas técnicas factibles, las cuales fueron desarrolladas a las opciones técnicas posibles que han cumplido con los criterios de los factores condicionantes considerados. Estas deberán considerar información relevante referente a los aspectos técnicos analizados y resultado de estos, incluyendo las medidas de reducción de riesgos en el contexto del cambio climático. (MRR-CCC).

En las siguientes tablas, se presentan las alternativas técnicas factibles de tamaño, localización y tecnología, a partir de la identificación de posibles alternativas que cumplan con la normatividad vigente, los factores condicionantes y Análisis de riesgos en el contexto de cambio climático.

Tabla 93. Opciones de tamaño según los factores condicionantes

Alternativa de solución	Alternativas técnicas	Opciones de tamaño	Opciones de tamaño elegible según los factores condicionantes
Mejorar la Captación de agua	Captación de aguas superficiales	0.250 m ³ /s	0.250 m ³ /s
		0.300 m ³ /s	

Elaboración propia.

Tabla 94. Opciones de localización según los factores condicionantes

Alternativa de solución	Alternativas técnicas	Opciones de localización	Opciones de localización elegible según los factores condicionantes
Mejorar la Captación de agua	Captación de aguas superficiales	Ubicación A	Ubicación C
		Ubicación B	
		Ubicación C	

Elaboración propia.

Tabla 95. Opciones de tecnología según los factores condicionantes

Alternativa de solución	Alternativas técnicas	Opciones de tecnología	Opciones de tecnología elegible según los factores condicionantes
Mejorar la Captación de agua	Captación de aguas superficiales	Captación y línea de conducción de sección abierta	Captación y línea de conducción de sección abierta
		Captación y línea de conducción de sección circular cerrada	Captación y línea de conducción de sección circular cerrada

Elaboración propia.

El ejemplo de la síntesis de las alternativas técnicas factibles se presenta en la tabla siguiente:

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 96. Síntesis del análisis técnico

Alternativa de solución	Alternativas técnicas	Opciones de tamaño elegible según los factores condicionantes	Opciones de localización elegible según los factores condicionantes	Opciones de tecnología elegible según los factores condicionantes
Mejorar la Captación de agua	Captación de aguas superficiales	0.250 m ³ /s	Ubicación C	Captación y línea de conducción de sección abierta Captación y línea de conducción de sección circular cerrada

Elaboración propia.

Por otro lado, en proyectos de riego, las Alternativas Técnicas Factibles (ATF) se definen a partir de opciones que cumplen con los factores condicionantes de tamaño, localización y tecnología. Cada ATF incluye información técnica relevante, considerando también las MRR-CCC. A través del diseño preliminar, se estiman los costos de inversión para cada alternativa, los cuales se integran en la evaluación social para seleccionar la opción más adecuada.

3.6 Diseño preliminar de las alternativas técnicas factibles

El diseño preliminar es la representación gráfica o esquemática de un proyecto de inversión en su fase de formulación y evaluación que describe las características físicas y funcionales principales de la(s) alternativa(s) técnica(s) factible(s), con el propósito de contar con una base referencial para la estimación de costos.

Una vez seleccionadas las Alternativas Técnicas Factibles, la Unidad Formuladora elaborará el diseño preliminar de acuerdo con el alcance de ingeniería y el nivel de profundidad de la información que haya establecido el Sector Agrario y Riego para esta tipología de proyecto.

Sólo para los casos de proyectos de alta complejidad el diseño de las alternativas técnicas factibles deberá ser en dos etapas:

- Etapa 1. Diseño preliminar de las Alternativas Técnicas Factibles: Se elabora el diseño preliminar de cada alternativa técnica factible con el alcance de ingeniería conceptual, complementada con información primaria de corresponder, a efectos de seleccionar la alternativa técnica.
- Etapa 2. Diseño preliminar de la Alternativa Técnica Seleccionada: Se completa el diseño preliminar de la alternativa técnica seleccionada en la Etapa 1 con el alcance de ingeniería básica.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Se deberán estimar los costos de inversión para cada una de las ATF, estos costos deberán ser considerados en la evaluación social, con la finalidad de seleccionar la alternativa más conveniente.

El diseño preliminar debe estar constituido con un nivel de información de ingeniería conceptual para las alternativas técnicas y con estudios básicos²⁹ en la etapa de evaluación para la alternativa seleccionada. Es fundamental elaborar un esquema hidráulico del proyecto para verificar la funcionalidad y los diseños preliminares considerados.

A continuación, se presentan algunos casos de los esquemas hidráulicos típicos que se presentan en los proyectos de riego a nivel nacional.

Recuadro 12: Esquemas hidráulicos típicos que se presentan en los proyectos de infraestructura de riego

Primer caso: por ejemplo, si todos los sectores o bloques de riego tienen agua disponible simultáneamente; el canal principal se diseña con el caudal acumulado de todos los sectores, de manera telescópica. (ver esquema hidráulico).

Gráfico 43. Distribución del agua (programación a la DEMANDA)



²⁹ Estudios básicos: Son los estudios de topografía, geotécnica, geología, agrología, hidrología, hidrogeología, socioeconómico y todos los estudios que se requiera según la complejidad del proyecto.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

La junta de usuarios tiene una programación de la distribución del agua a la *DEMANDA*, son 10 tomas laterales y cada una de ellas recibe un caudal proporcional al área de riego. Resultado los caudales para el prediseño los siguientes:

Tabla 97. Caudales máximos para el prediseño – Canal telescópico

Sector	Caudal tomas laterales	caudal max. Canal madre telescópico	Caudal máx. canal madre Pre-Diseño
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
LAT.01	0.30	4.5	4.5
LAT.02	0.25	4.2	4.2
LAT.03	0.23	3.9	4.0
LAT.04	0.28	3.7	3.7
LAT.05	0.54	3.4	3.4
LAT.06	0.77	2.9	2.9
LAT.07	0.50	2.1	2.1
LAT.08	0.67	1.6	1.6
LAT.09	0.67	1.0	1.3
LAT.10	0.28	0.3	0.3
TOTAL	4.50		

Elaboración propia.

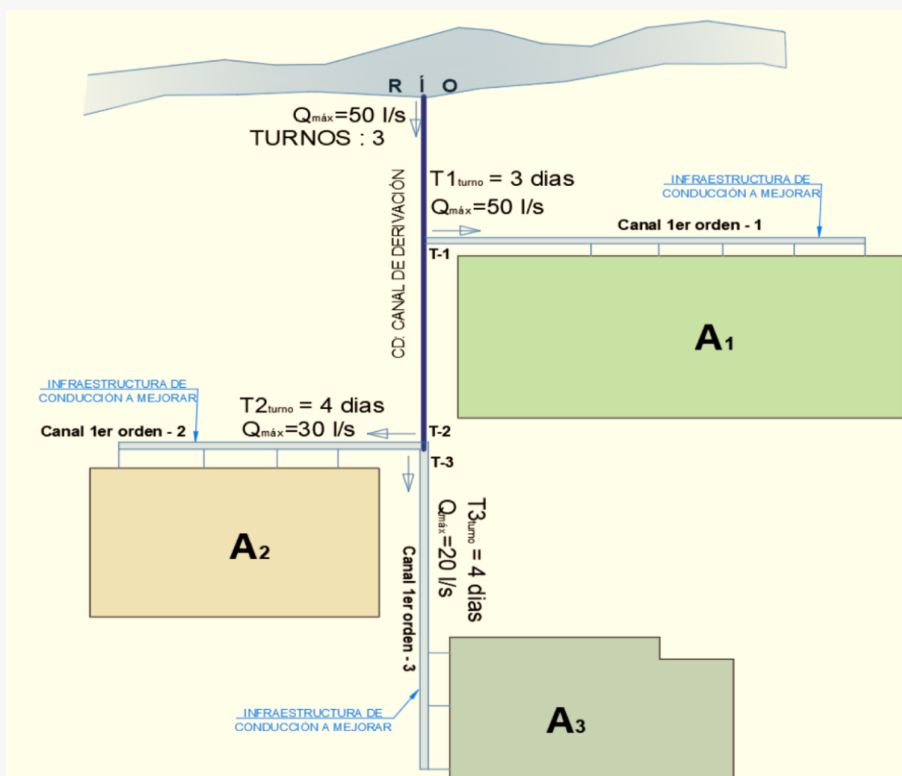
El canal madre se proyecta para un tamaño telescópico, inicia con una sección para 4.5 m³/s y el tramo final se proyecta para un tamaño de sección de 0.3 m³/s. Las tomas laterales y los aforadores se proyectan para un tamaño de caudales máximos indicados en la segunda columna de la anterior.

Segundo caso: por ejemplo si existen tres sectores o bloques de riego y de acuerdo a la extensión de sus áreas de riego realizan la distribución del agua por turnos; al primer sector son 3 días, el segundo sector 2 días y el tercer sector 2 días; y lo realizan con una frecuencia de riego de 7 días. (ver esquema hidráulico).

Es importante analizar la distribución del riego que los usuarios tienen en sus organizaciones, para proyectar el tamaño de la sección del canal considerando el caudal máximo de operación.

En este ejemplo la distribución es por TURNOS, tenemos tres bloques de riego; el bloque A1 tiene 3 días de turno (50 l/s); el bloque A2 (30 l/s) y el bloque A3 tienen (20 l/s), ambos tienen disponibles 4 días de turno de riego. Y la frecuencia de riego son 7 días.

Gráfico 44. Esquema Hidráulico (Programación por Turnos)



Elaboración propia.

El canal CD de derivación, se proyecta para un tamaño de 50 l/s; éste será el caudal máximo de operación del sistema de riego; el canal de 1er orden -1; tendrá una sección para 50 l/s; el canal de 1er orden -2 tendrá una sección para 30 l/s y el canal 1er orden-3, tendrá una sección para 20 l/s.

Tabla 98. Caudales máximos para el prediseño - Canal por turnos

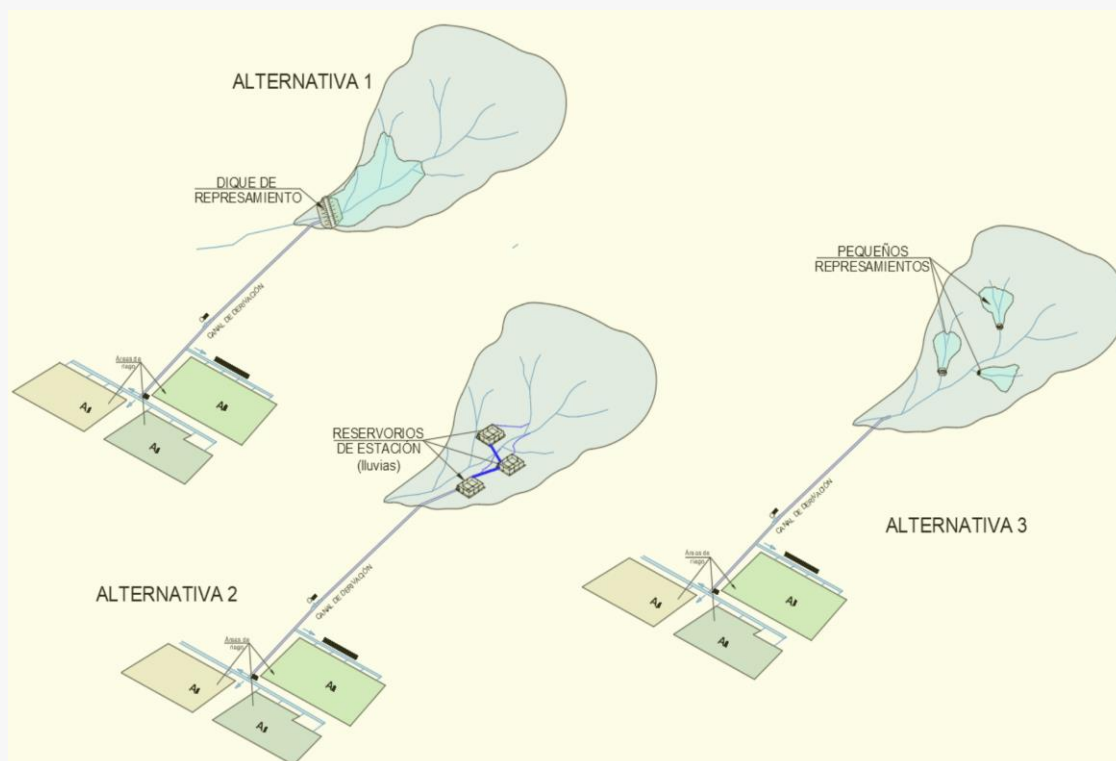
Mejoramiento de canales	Q máx ope. (l/s)	Área	Turnos de riego	Frecuencia de riego
Canal de derivación	50.0			
Canal 1er orden -1	50.0	A1	3 días	7 días
Canal 1er orden -2	30.0	A2	4 días	
Canal 1er orden -3	20.0	A3		

Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Caso 3: Si se tiene tres alternativas técnicas para almacenar agua en una cuenca hidrográfica para irrigar un área potencial para la agricultura.

Gráfico 45. Planteamiento hidráulico con alternativas técnicas para proyectos de creación



Elaboración propia.

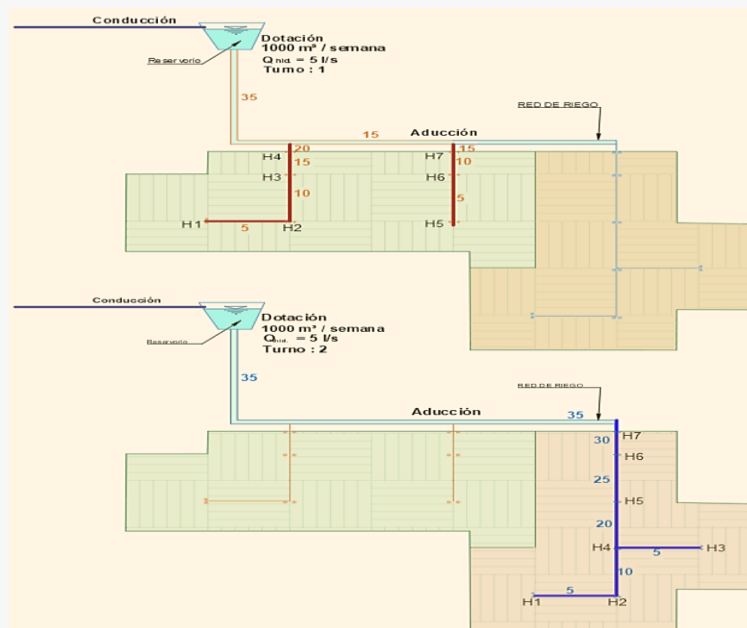
Recuadro 13: Esquemas hidráulicos típicos que se presentan en los proyectos de la tipología riego tecnificado

Programación por Turnos

Para el caso de la tipología de riego tecnificado se recomienda definir con los usuarios las ventajas y desventajas de diseñarle un riego a la DEMANDA o por TURNOS, dado que los diseños de los diámetros de tubería en la aducción y distribución variará para cada caso y es determinante para la evaluación económica.

1. La organización de usuarios decide regar por TURNOS: Implica diseñar los diámetros de tuberías con los caudales requeridos por hidrante y sector, dependiendo de la extensión del área, tiempo de riego, tecnología del riego y frecuencia. Se aplica la ecuación de continuidad para el diseño del diámetro de tuberías en la red.
2. La organización de usuarios decide regar a la DEMANDA: implica que cada usuario decide cuándo y cómo regar, lo que determina que los diámetros de tubería deben garantizar el suministro siempre o en un porcentaje alto. Existen varios métodos estadísticos (Clement, Monserrat, Mavropoulos), modelos informáticos ICARE, Moreno-CADD, Pulido Calvo y otros).

Gráfico 46. Distribución del caudal de agua en una red de riego



Elaboración propia.

En el gráfico se muestra lo siguiente:

- En este esquema hidráulico tenemos 2 turnos (naranja y azul)
- Cada hidrante (H) del turno naranja demanda un caudal de 5 l/s
- Por continuidad vamos sumando los caudales desde el último hidrante hacia los hidrantes que se encuentra más cerca al canal principal.

La línea de aducción principal se proyectaría para un caudal de 35 l/s y para el turno 1 existen dos líneas laterales rojas que se deben proyectar de manera telescópicas, con tamaños mínimos de 5 l/s y

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

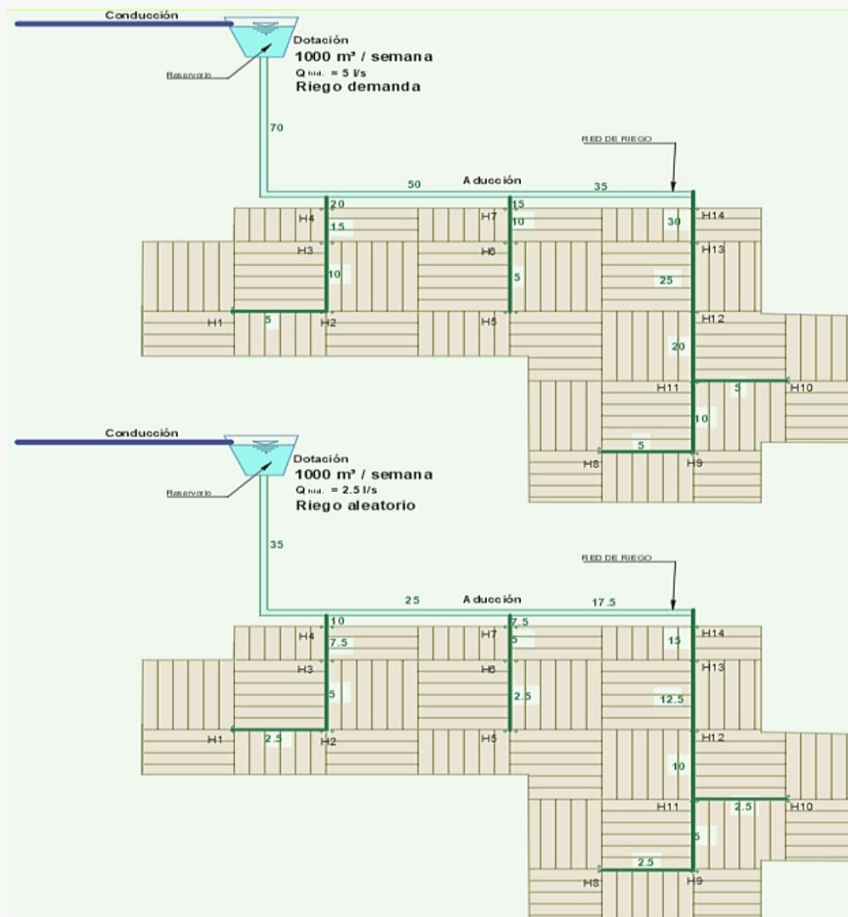
máximos de 20 l/s y 15 l/s. Para el turno 2, se tiene una línea lateral azul, que se debe proyectar de manera telescópica, con tamaño mínimo de 5 l/s y máximo de 35 l/s.

Recuadro 14: Programación por Demanda – aleatorio

Existen diferentes maneras de planificar los turnos de riego, aquí se expone un alcance más como criterio para la planificación del diseño hidráulico.

Del siguiente gráfico, se puede verificar que la distribución a la demanda podría realizarse de manera aleatoria (recomendable) o a la demanda total, sin embargo, existen ventajas y desventajas, y uno de ellos es el incremento de los costos cuando proyectamos a la demanda total, dado que se requiere mayores tamaños de las infraestructuras hidráulicas por los mayores caudales.

Gráfico 47. Distribución del agua - Aleatorio



Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

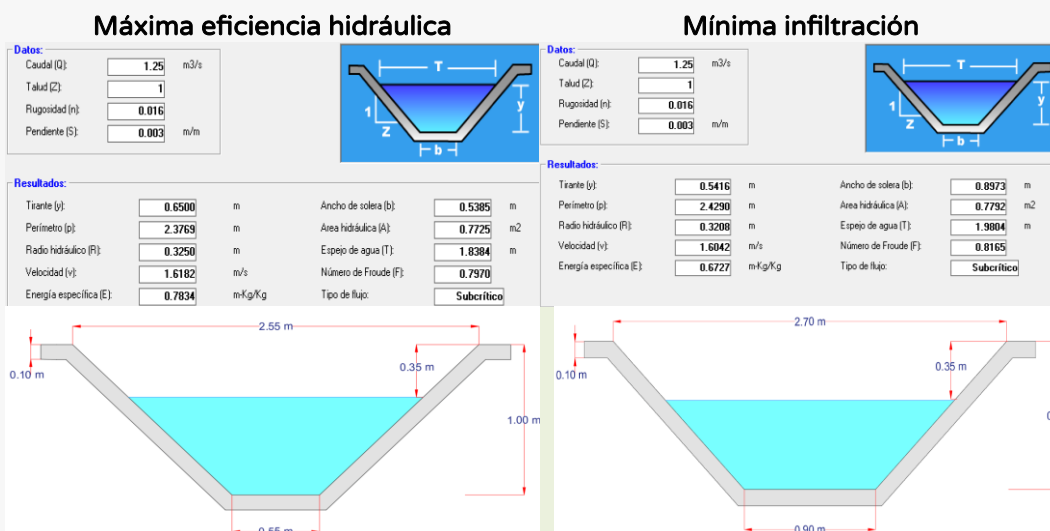
Para el dimensionamiento del tamaño de los caudales de los canales, caídas, rápidas, pozas disipadoras, sifones, conductos cerrados a presión, transiciones, acueductos aéreos, alcantarillas, canoas y otros existen varios programas, software que se deben utilizar teniendo en cuenta las características hidráulicas de diseño para un buen funcionamiento.

Recuadro 15: Dimensionamiento

Por ejemplo, si se requiere mejorar un tramo de canal de tierra, la pendiente de la rasante en promedio es de 0.3%; y el caudal que traslada es de $Q = 1.25 \text{ m}^3/\text{s}$; se proyecta a nivel preliminar un diseño de sección trapezoidal revestido sus muros con concreto, analizamos la sección óptima:

- El canal es de tierra y tiene una sección irregular con talud 1 en los lados laterales y base de 0.8m en promedio.
- El criterio hidráulico para diseñar con máxima eficiencia hidráulica o mínima infiltración.

Gráfico 48. Máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración



▪ Reducción de costos

Tiene el menor perímetro húmedo, que permite canales de menor sección y utilización de menor cantidad de material, lo que se traduce en un menor costo de construcción.

▪ Mejor rendimiento

El menor perímetro mojado, permite menor fricción con el agua, por lo que el transporte del caudal es más eficiente, reduciendo las pérdidas y aumentando la capacidad de transporte del gasto.

▪ Costos

Las dimensiones geométricas con relación a “máxima eficiencia hidráulica” son mayores y es necesario considerar dado que el material utilizado se podría elevar en 7 m³/km de concreto para nuestro ejemplo.

▪ Disminución de pérdidas de agua

Recomendable utilizar la “mínima infiltración” para canales revestido de tierra o arcilla, dado que se reduce las pérdidas por infiltración por menor carga

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

▪ Sostenibilidad:

La eficiencia hidráulica contribuye a la sostenibilidad de los proyectos, ya que reduce el consumo de recursos y minimiza el impacto ambiental.

▪ Desventajas

Para canales con pendientes moderados a fuertes, no se recomienda diseñar con “máxima eficiencia hidráulica” debido que puede causar erosión por el contenido de arena, grava o piedras que transporta el agua y provocan socavación en las paredes del canal; requerimos disminuir energía y aumentar fricción, por lo tanto, se requiere evaluar las características geométricas del canal, y proyectar disipadores de energía.

hidráulica sobre la superficie en el fondo del canal.

▪ Sostenibilidad

Minimiza el impacto ambiental si se toma la decisión que las paredes se revistan con arcilla; siempre que exista cantera cerca de la zona de intervención.

▪ Desventajas

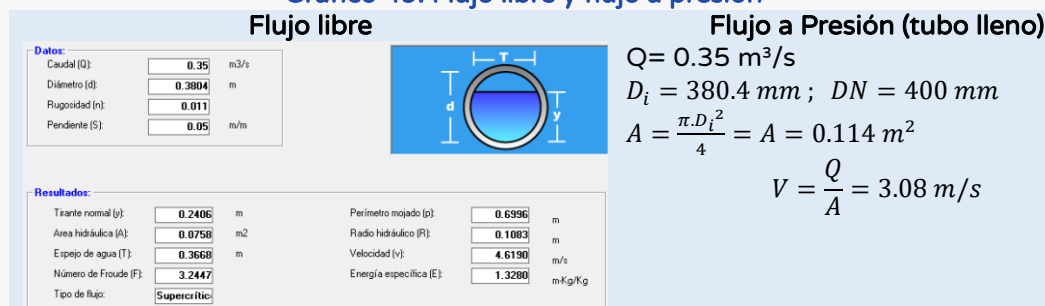
Para canales que tienen muy baja pendiente, no es recomendable, porque la velocidad podría ser menor a la velocidad mínima no sedimentable; y permite el inicio de la sedimentación e induce el crecimiento de plantas acuáticas, y de musgos. Según Ven Te Chow, se puede adoptar una velocidad media entre 0.6 m/s y 0.9 m/s; cuando el porcentaje de limos presentes en el canal es pequeño, y una velocidad media no inferior a 0.75 m/s prevendrá el crecimiento de vegetación, que disminuirá la capacidad de transporte del caudal del canal.

Elaboración propia.

De otra manera, si se requiere construir una infraestructura de conducción, cuya rasante tiene una pendiente media de 5% a lo largo de toda su trayectoria, cuál será el criterio hidráulico más eficiente para conducir las aguas a las áreas de riego.

- El caudal de conducción es de 0.35 m³/s, y se plantea conducir con tubería HDPE.
- La pendiente es moderada y se requiere analizar si se diseña a flujo libre o a tubo lleno para trasladar el agua.

Gráfico 49. Flujo libre y flujo a presión



✓ Velocidad máxima

La velocidad de 4.619 m/s, se encuentra dentro de los parámetros de velocidad erosiva, y puede causar abrasión en las paredes de la tubería debido al contenido de arena, grava o piedras que transporta el agua.

✓ Velocidad máxima

Velocidad de 3.08 m/s; se encuentra dentro de la velocidad permisible para este tipo de material, y se evita la abrasión por lo que la vida útil de la tubería es mayor.

Desgaste mas prematuro de la tubería de conducción.

✓Tipo de obra hidráulica al inicio de la conducción.

Antes del inicio de la conducción, se requiere diseñar una transición u obra hidráulica adicional que produzca la energía necesaria para alcanzar la velocidad de 4.619 m/s. (balance de energía); muchas veces este tipo de obra tiene un mayor costo.

✓Pendiente

Se recomienda utilizar este criterio de diseño en la conducción, para pendientes suaves; y topografías planas donde se requiere ganar cotas para el riego de los terrenos agrícolas.

✓Tipo de obra hidráulica al inicio de la conducción.

Antes del inicio de la conducción, se requiere diseñar una cámara, que tenga la carga hidráulica necesaria para impulsar el caudal de diseño, para este ejemplo 2, la altura hidráulica es de 0.72m.

✓Pendiente

Se recomienda utilizar este criterio de diseño en la conducción, para pendientes moderadas a fuertes y topografía variada, sin embargo, es necesario controlar presiones de acuerdo a la calidad de tubería proyectada.

Elaboración propia.

3.7 Metas físicas de los activos que se buscan crear o modificar

En un proyecto de riego, se establecen las metas físicas basadas en el diseño preliminar de las alternativas técnicas factibles, que definen las magnitudes físicas de los activos a ejecutar en la fase de Ejecución. Estas metas, como la cantidad de hectáreas irrigadas, kilómetros de canales o la cantidad de sistemas de riego, son esenciales para el planeamiento y presupuesto del proyecto. Las acciones identificadas en el análisis de los medios fundamentales se cuantifican mediante unidades o dimensiones físicas, lo que permite una evaluación precisa de la magnitud del proyecto:

- **Unidad física:** Es la unidad de activo que se plantea crear o modificar, caracterizada por su unidad de medida y cantidad. Por ejemplo: número de bombas de riego, número de reservorios, entre otros.
- **Dimensión física:** Es la magnitud del activo que se plantea crear o modificar, caracterizada por su unidad de medida y cantidad. Por ejemplo: hectáreas de terreno irrigado, metros lineales de canal, metros cúbicos de almacenamiento de agua, entre otros.

Para establecer las metas físicas que se generaran en la fase de Ejecución, se debe tener en consideración los activos estratégicos registrados para los procesos del servicio de provisión de agua para riego.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 99. Activos tangibles según procesos del servicio

Tipología INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	
Procesos	Activos Tangibles
1. Obras de Almacenamiento y Regulación	▪ Presa y/o represa ▪ Bocatoma ▪ Sistema de mando y control ▪ Equipo de monitoreo y seguridad de presa ▪ Equipo electromecánico ▪ Canal ▪ Estructuras de descargas
2. Captación	▪ Estructura de captación ▪ Canal de captación ▪ Desarenador ▪ Estructura de control y medición
3. Conducción	▪ Canal de derivación ▪ Obras de arte (Tomas, acueductos, canoas, pasantías, rápidas, sifones, alcantarillas, compuertas, cámara de carga, caídas, pozas disipadoras, transiciones) ▪ Túnel ▪ Estructuras o equipos de medición de caudal (tipo vertedor de cresta ancha, parshall, garganta larga, Caudalímetros entre otros)
4. Distribución	▪ Canales de distribución/laterales ▪ Obras de arte (Tomas, acueductos, canoas, pasantías, rápidas, sifones, alcantarillas, compuertas, cámara de carga, caídas, pozas disipadoras, transiciones) ▪ Estructuras o equipos de medición de caudal (tipo vertedor de cresta ancha, parshall, garganta larga, Caudalímetros entre otros) ▪ Reservorios
Tipología RIEGO TECNIFICADO	
Procesos	Activos Tangibles
5. Aplicación	<u>Obras civiles</u> ▪ Reservorios ▪ Canales laterales (cabeceras de parcelas) ▪ Obras de control y regulación ▪ Desarenadores, casetas de bombeo, cámaras de carga y distribución. <u>Equipo tecnológico de riego</u> ▪ Unidad de bombeo (pozo profundo y de superficie de alta y baja presión y los componentes que intervienen en su instalación) ▪ Red de riego (tuberías y accesorios) ▪ Cabezal de control (unidades de filtrado, válvulas de paso, regulación, control, protección, medidor de caudal, presión, dosificador de fertilizantes y otros accesorios que lo componen para su funcionamiento) ▪ Emisores de riego (aspersores, mangueras, cintas de riego, hidrantes de riego y otros. ▪ Sistema de control automatizado.
Procesos	Activos Intangibles

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tipología INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 6. Fortalecimiento de capacidades | <ul style="list-style-type: none">▪ Capacidad humana (Capacitación a usuarios, asistencia técnica en riego y conocimiento de innovaciones tecnológicas del riego actual)▪ Capacidad Organizacional (Capacitación a operadores de riego, elaboración del plan de gestión, conocimiento de innovaciones tecnológicas del riego actual) |
|-----------------------------------|---|

Elaboración propia.

Gestión del proyecto de inversión

La ejecución eficiente de las inversiones y la prestación sostenible de los servicios por parte de la Unidad Ejecutora son esenciales en el ciclo de inversión. La gestión del proyecto implica el planeamiento, ejecución, supervisión y control de las acciones necesarias para lograr el objetivo del proyecto, abarcando las fases de Ejecución y Funcionamiento.

3.8 Fase de ejecución

El objetivo de la gestión del proyecto en la fase de Ejecución es el logro de la conformación de la UP en el diseño, plazo y costo que se planifique. Este análisis se debe desarrollar para las alternativas técnicas factibles resultantes del análisis técnico.

Gráfico 50. Pasos para el análisis de gestión de un PI en la fase de ejecución



Elaboración propia.

A. Organización:

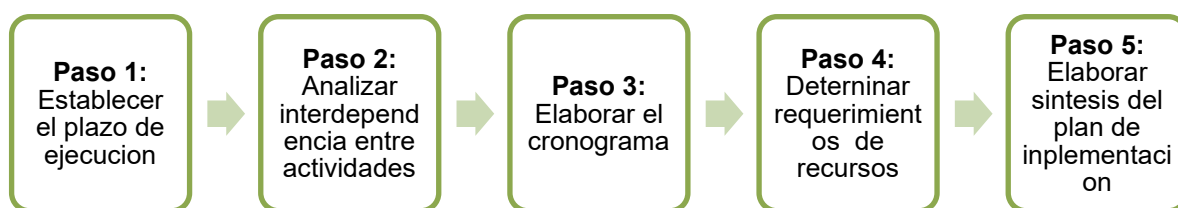
La ejecución del Proyecto de Inversión (PI) está a cargo de la Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI), que debe contar con capacidad técnica, administrativa y financiera para una ejecución eficiente. La UEI es responsable de coordinar y desarrollar los aspectos técnicos del proyecto. La Unidad Funcional (UF) evaluará las condiciones que debe reunir la UEI, proponiendo las competencias, capacidades y recursos necesarios. Si participan varias UEI, se deben establecer acuerdos institucionales para coordinar sus responsabilidades. La UEI se encargará de elaborar los términos de referencia, coordinar contratos y gestionar la liquidación del proyecto. Para evaluar la capacidad de la UEI, se consideran criterios como competencias, capacidad técnica y profesional, y recursos humanos necesarios para la ejecución del proyecto.

B. Plan de implementación:

El plan de implementación del proyecto debe detallar las actividades y tareas necesarias para alcanzar las metas, estableciendo la secuencia, ruta crítica, duración, responsables y recursos. Es crucial elaborar una programación realista que contemple los procedimientos de contrataciones y adquisiciones, permitiendo un adecuado control y seguimiento de los tiempos. Además, durante la ejecución, debe existir una correcta articulación entre los sistemas administrativos de inversiones, presupuesto y contrataciones. Se recomienda que los formuladores de proyectos conozcan las normas vinculadas a estas áreas para asegurar el éxito del proyecto.

Para elaborar el plan de implementación deberemos seguir los siguientes pasos:

Gráfico 51. Pasos para elaborar el Plan de Implementación



Fuente: MEF, 2024.

La elaboración del cronograma de actividades es necesario que la programación tenga tiempos realistas, tomando en cuenta periodos de espera, aprobaciones, autorizaciones, obtención de licencias, permisos, certificaciones, y posibles tiempos para subsanación de observaciones, según los plazos que figuran en las normas de contratación y presupuesto. Entre los procesos que se suelen requerirse antes del inicio de la ejecución de todo proyecto están los de saneamiento físico legal, el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA), certificación ambiental, autorizaciones municipales, procesos de licitación, entre otros.

Se debe tomar en cuenta la duración de las acciones (ejecución de las obras, los plazos de entrega y de instalación del equipamiento y del desarrollo de servicios de los posibles suministradores). Se recomienda que la UF valide sus estimaciones con las UEI que hayan ejecutado proyectos similares al que está formulando.

● Paso 1. Establecer el plazo de ejecución

En esta etapa, es fundamental desglosar y especificar las actividades a ejecutar durante la implementación del PI, asegurando una adecuada estimación de los tiempos requeridos. Esto permite minimizar los riesgos de retraso en la finalización del proyecto y anticipar oportunamente las actividades necesarias. Para ello, se deben

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

considerar tanto la duración estimada de cada tarea como los plazos asociados a su ejecución, garantizando una planificación eficiente y realista.

A modo de ejemplo se presenta la siguiente tabla de plazos para el plan de implementación.

Tabla 100. Plazos de las actividades sugerido para el plan de implementación.

Actividades	Tareas/Acciones	Plazo (semanas)
Elaboración de expediente técnico	Elaboración de TdR	4 semanas
	Actos preparatorios, proceso de selección y forma del contrato	4 semanas
	Elaboración de estudios	10 semanas
	Aprobación de estudios	4 semanas
Ejecución de obras e infraestructura	Actos preparatorios, proceso de selección y forma del contrato	4 semanas
	Ejecución de obras	36 semanas
	Recepción, liquidación y transferencia	4 semanas

Elaboración propia.

Algunas acciones pueden ejecutarse de manera independiente mediante contratos exclusivos, mientras que otras pueden integrarse en un mismo contrato, como la construcción de infraestructura y la instalación de equipamiento.

En la programación de actividades, es fundamental establecer tiempos realistas, considerando plazos de espera, autorizaciones, certificaciones y posibles observaciones, según la normativa vigente. Esto incluye procesos clave como saneamiento físico-legal, Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA), certificación ambiental y licitaciones.

Asimismo, se debe evaluar la duración de cada acción, incluyendo la ejecución de obras y la instalación de equipamientos. Se recomienda validar las estimaciones con unidades ejecutoras que hayan desarrollado proyectos similares.

El plazo de ejecución debe considerar:

- Ejecución por etapas: Puede ser viable siempre que no retrase la disponibilidad del servicio y esté justificada técnicamente.
- Modalidad de ejecución: Contrata o administración directa.
- Disponibilidad financiera: Especialmente en entidades con presupuestos comprometidos a largo plazo.

● Paso 2. Analizar la interdependencia entre actividades y tareas, y entre acciones

En proyectos de riego, es fundamental identificar la relación entre actividades, tareas y acciones para determinar si deben ejecutarse de manera secuencial (una después

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

de otra) o si pueden realizarse en paralelo. Con base en esta relación, se define la ruta crítica, es decir, la secuencia de actividades cuyo retraso afectaría directamente el plazo de ejecución del proyecto. Esto permite optimizar la planificación y minimizar riesgos de demoras en la entrega de la infraestructura de riego.

● Paso 3. Elaborar el cronograma

Con base en la interdependencia identificada en el paso 2, se elabora el cronograma mensual de ejecución del proyecto de riego. Una vez estimados los costos, este cronograma permitirá visualizar el avance esperado de la ejecución financiera, facilitando la planificación y gestión eficiente de los recursos.

Para ello, se requiere elaborar un Diagrama de Gantt en el que se determinen las fechas de inicio y fin planificadas para las actividades del proyecto, es decir se analiza las secuencias de las actividades, su interdependencia y duración, así como los recursos y restricciones; todo esto con el fin de determinar la ruta crítica y crear un cronograma realista y efectivo.

● Paso 4. Determinar los requerimientos de recursos

Para una gestión eficiente del proyecto de riego, es fundamental analizar la demanda de recursos humanos y físicos durante su ejecución, así como su disponibilidad en la entidad responsable. En este sentido, se deben identificar y planificar los recursos necesarios para su incorporación en la estructura organizativa de la UEI encargada de la ejecución.

A continuación, se presenta un ejemplo de asignación de responsables de la ejecución del proyecto, desglosados por las actividades y acciones mencionadas anteriormente.

Tabla 101. Responsables de las actividades para el plan de implementación

Tareas/Acciones	Responsable
Elaboración de TdR para desarrollo de Expediente Técnico	Nombre y cargo del funcionario de la UEI
Actos preparatorios, proceso de selección y firma del contrato	Nombre y cargo del funcionario de la UEI
Elaboración de Expediente Técnico	Nombre y cargo del funcionario de la UEI
Aprobación de Expediente Técnico	Nombre y cargo del funcionario de la UEI
Elaboración de Bases para contrato de obra	Nombre y cargo del funcionario de la UEI
Actos preparatorios, proceso de selección y firma del contrato	Nombre y cargo del funcionario de la UEI
Ejecución de obras	Nombre y cargo del funcionario de la UEI
Recepción, liquidación y transferencia	Nombre y cargo del funcionario de la UEI

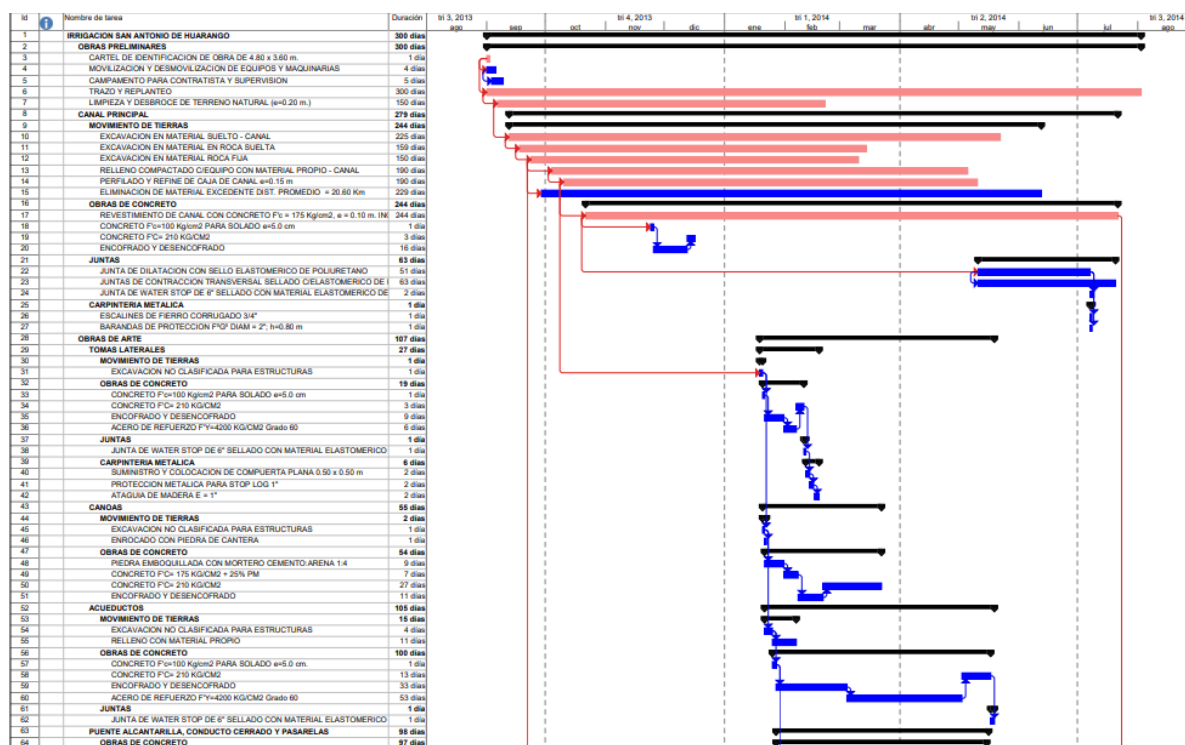
Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Elaboración propia.

● Paso 5. Elaborar la síntesis del plan de implementación

Con base en el cronograma de ejecución del proyecto y los requerimientos de recursos, se elaborará una síntesis del plan de implementación, la cual debe presentarse en un Diagrama de Gantt.

Gráfico 52. Síntesis del plan de implementación para un proyecto de irrigación



Elaboración propia.

Para la ejecución física del proyecto, lo recomendable es formular un cronograma de actividades que considere en principio los trabajos preliminares que tiene entre sus objetivos verificar que el diseño esté adecuado a la realidad física encontrada.

Como se ha indicado, usualmente los proyectos de infraestructura de riego se conforman de canales principales (infraestructura de conducción) y laterales (infraestructura de distribución) y en casos como el presentado en el diagrama de Gantt precedente, de una infraestructura de conducción. En los proyectos de infraestructura de riego es usual que la ejecución física de proyectos tenga 2 etapas bien definidas: los trabajos preliminares y la construcción de la infraestructura propiamente dicha.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Cabe mencionar que el canal de conducción contiene obras de arte que permite cruzar los accidentes topográficos del trazo y mantener la pendiente establecida por el sistema.

C. Modalidad de ejecución:

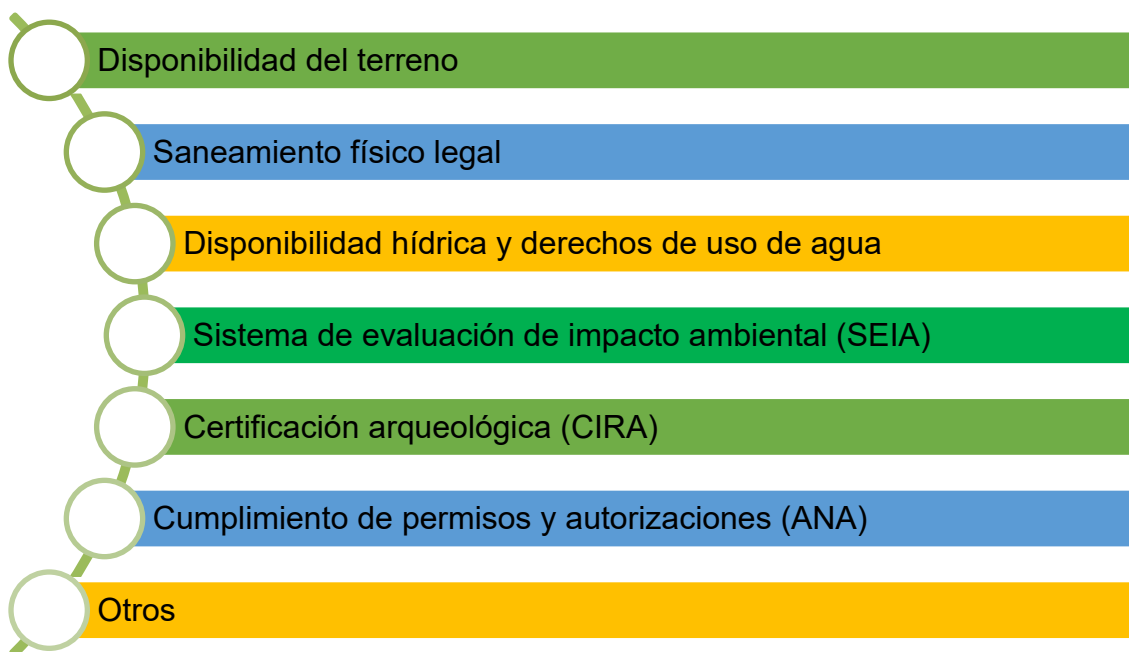
Se debe definir claramente la modalidad de ejecución del proyecto de inversión (PI). La UF debe justificar los criterios utilizados para la selección de la modalidad, que pueden ser "por contrata" (ejecución indirecta) o "por administración directa" (ejecución directa). En algunos casos, un proyecto puede combinar ambas modalidades, dependiendo de las capacidades institucionales. Es importante destacar que cada modalidad de ejecución demanda capacidades de gestión específicas, las cuales deben ser evaluadas conforme a los criterios detallados en la sección "a. Organización".

Las modalidades de ejecución en un PI son las siguiente:

- Administración directa
- Administración indirecta – por contrata
- Administración indirecta – Asociación Público Privado (APP)
- Administración indirecta – Núcleo Ejecutor
- Administración indirecta – Obras por impuestos

D. Condiciones previas a la Ejecución:

Gráfico 53. Principales requerimientos institucionales en la fase de ejecución



Elaboración propia.

Para asegurar el inicio oportuno de la ejecución de las acciones, es fundamental considerar los aspectos técnicos y regulatorios relacionados con el proyecto. Esto incluye la obtención de las aprobaciones y autorizaciones necesarias, como la entrega del terreno o el saneamiento físico-legal de la propiedad, la licencia de construcción, el CIRA, y la certificación ambiental (según el SEIA) cuando corresponda, entre otros requisitos.

3.9 Fase de funcionamiento

Para el adecuado desempeño de la UP intervenida, se debe realizar un análisis y descripción de la entidad responsable de la operación y mantenimiento de los activos generados con la ejecución del proyecto. Asimismo, se debe incluir un análisis de disponibilidad de recursos para su financiamiento, de los arreglos institucionales que se requerirán para la fase de Funcionamiento y de la capacidad de gestión del operador del servicio público que se implementará.

Gráfico 54. Pasos para el análisis de gestión de un PI en la fase de funcionamiento



A. Entidad que se hará cargo de la O&M

Es necesario definir quién será responsable de la operación y mantenimiento de la UP, ya sea una existente o nueva. Si es una UP existente, se deben proponer ajustes en su organización para garantizar su adecuado funcionamiento. En el caso de una nueva UP, se debe describir la entidad encargada de la operación y mantenimiento, como una junta de usuarios de riego o de administración de agua y saneamiento. Si la operación y mantenimiento están a cargo de entidades privadas, se deben seguir los procesos legales establecidos.

B. Instrumentos y recursos para la gestión de la UP

Para una nueva UP, es necesario identificar los instrumentos de gestión como reglamentos, manuales, planes estratégicos y operativos, así como los recursos humanos y materiales. En el caso de una UP existente, se deben hacer ajustes en dichos instrumentos según el diagnóstico. Además, si se amplía el servicio, se debe evaluar si se requieren más recursos humanos y materiales, como en el control de turnos para riego o en la facturación de agua potable.

También se debe prever el costo de estos recursos en la fase de gestión del funcionamiento. Para aumentar la resiliencia de la UP, se deben disponer de planes de

emergencia, sistemas de alerta temprana y otros recursos para una respuesta adecuada ante riesgos.

C. Condiciones previas relevantes para el inicio de la operación

Es necesario identificar las acciones previas que aseguren la disponibilidad del servicio una vez culminada la fase de Ejecución, tales como:

- Realizar pruebas y puesta en marcha de la UP para verificar su funcionamiento.
- Difundir a la población el inicio de operaciones.
- Asegurar que el personal esté entrenado para operar la UP, cumpliendo compromisos previos.
- Verificar que la entidad encargada de la operación y mantenimiento tenga los recursos necesarios, como insumos para el tratamiento de agua. Además, asegurar que su funcionamiento cumpla con el marco legal vigente en materia de gestión de aguas y suelos, conforme a lo establecido por el ANA.
- Asegurar que los instrumentos de gestión (ROF, CAP, presupuesto de personal) estén elaborados o mejorados.
- Establecer procesos y protocolos para la operación y el mantenimiento preventivo y correctivo.

Con respecto a los documentos de gestión necesarios para la O&M de la UP, podemos indicar lo siguiente:

- En UP nueva, se requiere identificar los instrumentos que apoyan la gestión de la UP, tales como el reglamento de organización y funciones, manuales, guías, planes estratégicos y operativos, presupuesto multianual y anual, entre otros, así como los recursos humanos y activos (mobiliario, equipos, ambientes, entre otros) propios de la gestión.
- En UP ya existente, se deberán plantear los ajustes que se requieran en los instrumentos de gestión, sobre la base del diagnóstico de la UP.

3.10 Gestión integral de riesgos en la ejecución y funcionamiento

La gestión de los riesgos implica llevar a cabo una serie de actividades que, si bien regularmente representan costos adicionales en el presupuesto del proyecto, tienen el propósito de prevenir o mitigar problemas mayores que de otra forma terminarían siendo más onerosos para los fines perseguidos.

La UF deberá identificar los riesgos que pueden afectar las fases de Ejecución y Funcionamiento. Asimismo, debe proponer las medidas de gestión de los referidos riesgos. Se sistematizarán los riesgos, para lo cual se debe incluir una descripción de los mismos, la posibilidad de ocurrencia (baja, media o alta) que debe ser resultado de un juicio técnico, el impacto que tendrá (bajo, medio, alto) y las medidas de mitigación que se adoptarían.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

De manera general los riesgos se pueden clasificar en internos y externos, los primeros se refieren a las condiciones administrativas propias de la gerencia del proyecto mientras que los segundos involucran aspectos ambientales o del entorno del mismo y se tendrán en cuenta como supuestos para el cumplimiento de los objetivos en la matriz de marco lógico.

Para abordar el análisis de riesgos se propone una matriz de posibilidad e impacto, la cual resulta de un análisis cualitativo donde se priorizan los diferentes eventos o condiciones de riesgo según el criterio subjetivo de la(s) persona(s) que intervienen en su elaboración. El resultado esperado de este ejercicio es una lista de riesgos priorizados de acuerdo con las intersecciones que resulten en la matriz en los cuadrantes de alta posibilidad de ocurrencia y mayores impactos para el cumplimiento de los objetivos. Para estos riesgos se deberán adoptar medidas que se orienten a evitarlos interviniendo directamente en las causas que los generan, mitigarlos contrarrestando sus efectos o transferirlos mediante pólizas de seguros. Estas medidas, por lo general, implican costo, los que deben ser incluidos en el proyecto.

Tabla 102. Gestión Integral del Riesgo en un PI

Tipo de Riesgo	Descripción del riesgo	Posibilidad de ocurrencia (baja, media, alta)	Impacto (Bajo, medio, alto)	Medidas de mitigación
Fase de Ejecución				
Construcción	Modificaciones en el alcance del expediente técnico, lo mismos que ocasionan sobrecostos e incremento en el plazo de ejecución de obras.	Medio	Alto	Adecuada supervisión (tanto en el aspecto presupuestal como en el de ingeniería) y velar por el cumplimiento de los estudios técnicos (Expediente técnico, Estudios de Impacto Ambiental, entre otros) aprobados por la autoridad competente
Saneamiento Físico Legal	No se culminó los trabajos de liberación de terrenos en el área de influencia de la ejecución obras	Medio	Alto	Adecuado seguimiento de la ejecución de las actividades para la liberación de las propiedades en el área de influencia de la ejecución de obras.
Arqueología	Presencia de restos arqueológicos en el área de influencia de la ejecución de obras.	Bajo	Alto	Establecimiento de un equipo para el seguimiento del Plan de Evaluación Arqueológica, durante la ejecución de las obras.
Fase de funcionamiento				
Operacional	La baja en la recaudación de la tarifa del servicio ocasiona el incumplimiento del Plan Anual de Operaciones aprobado.	Alto	Alto	Establecimiento de procedimientos para el cumplimiento del Plan Anual de Operaciones, en caso reducción de ingresos por tarifa.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tipo de Riesgo	Descripción del riesgo	Posibilidad de ocurrencia (baja, media, alta)	Impacto (Bajo, medio, alto)	Medidas de mitigación
Social	Grupo de Usuarios no permiten el paso del personal responsable de la distribución de agua.	Alto	Medio	Establecimiento de procedimientos de sensibilización a los usuarios para facilitar las actividades de operación y mantenimiento del personal de la Unidad Productora.
Administrativos	Cambio en las condiciones tecnológicas y obsolescencia de la infraestructura de riego.	Alto	Medio	Establecimiento de buenas prácticas administrativas, certificación de calidad de los procesos y favorecer la cultura organizacional a la adaptación a los cambios del entorno.

Elaboración propia.

Costo del Proyecto a precios de mercado

Luego de culminar con la determinación de las metas físicas de cada alternativa técnica factible analizada, se estimará los respectivos costos a precios de mercado.

Antes de iniciar el proceso de estimación de costos en un proyecto de riego, se recomienda:

- **Precisión en la identificación de las metas:** Especialmente en lo relacionado con la inversión inicial, para evitar modificaciones significativas durante la fase de Ejecución (elaboración del expediente técnico y la ejecución física), lo cual podría generar altos costos adicionales y retrasos en los objetivos del proyecto.
- **Claridad en las fuentes de información:** Es esencial definir las fuentes de información y las fechas de los costos estimados. Estas pueden incluir investigaciones de mercado, cotizaciones, proyectos previos de la UEI, bases de costos unitarios de la entidad o de otras entidades de la zona, revistas especializadas en costos de construcción, y datos históricos de costos de operación y mantenimiento (O&M) que la entidad haya recopilado.
- **Actualización de costos históricos:** Dado que los costos históricos provienen de fechas distintas, es necesario uniformarlos a una sola fecha, que debe corresponder al inicio del horizonte de evaluación del proyecto. Para ello, se deben ajustar los costos utilizando índices de precios o la variación del tipo de cambio, garantizando que los valores reflejen el contexto actual.

Para la estimación de los costos del PI a precio privado se sigue la siguiente secuencia:

Gráfico 55. Pasos para la estimación de los costos de un PI



Elaboración propia.

3.11 Estimación del costo de inversión

Dentro de la estructura de costos de inversión se deberán incluir los siguientes ítems, los mismos que se listan a continuación:

- Elaboración de expediente técnico.
- Elaboración de estudios complementarios especializados (EVAP, CIRA, Riesgos, etc.).
- Ejecución de obras.
- Adquisición de terrenos, equipos, mobiliario, vehículos.
- Contratación de servicios diversos asociados a la ejecución del proyecto (intangibles).
- Supervisión de estudios y obras.
- Liquidaciones.
- Gestión del proyecto.

El costo de un proyecto de riego para todas las naturalezas de intervención, vinculadas a las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado tienen estructuras presupuestales similares, que a continuación se presentan.

Tabla 103. Estructura de costos de un proyecto – Modalidad presupuesto de ejecución Indirecta

Tipo de factor productivo	Costo estimado de inversión a precios de mercado (soles)
Infraestructura	• Costo Directo (C.D) • Obras provisionales • Obras preliminares • Obras hidráulicas (principales y conexas) • Equipos que complementan la operativa de las obras hidráulicas de riego. • Plan de seguridad y salud de Trabajo

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tipo de factor productivo	Costo estimado de inversión a precios de mercado (soles)
	- Medidas de prevención, corrección y mitigación ambiental - Plan de monitoreo arqueológico - Gastos Generales - Gastos fijos - Gastos variables - Utilidad % C.D - Impuesto General a las Ventas – IGV (18%)
Intangibles	- Costo directo - Capacidad humana - Capacidad organizacional - Gastos Generales - Gastos fijos - Gastos variables - Utilidad % C.D - Impuesto General a las Ventas – IGV (18%)
Subtotal S.T1	$\sum (S.T \text{ Infrest.} + S.T \text{ Intang}).$
Gestión del proyecto ³⁰ (G)	Gastos incurridos por la Entidad Ejecutora durante la ejecución del proyecto.
Expediente técnico (E.T)	Costo de la elaboración del Estudio Definitivo a nivel constructivo.
Supervisión ³¹ (S)	El costo de la supervisión de obra está limitado al 10% del valor referencial de la obra o del monto vigente del contrato de obra,
Liquidación (L)	El costo de la elaboración de la liquidación de obra es un procedimiento técnico administrativo que determina el costo final de una obra y sus componentes.
Subtotal S.T2	$\sum (G + E.T + S + L)$
Costo de inversión viable (C.I)	$\sum (S.T1 + S.T2)$
Costo de control concurrente (CCC) ³²	Es un % del costo de inversión del proyecto actualizado

³⁰ El costo de gestión del proyecto se realiza en base al análisis riguroso de requerimientos de recursos humanos, materiales, intangibles y servicios directa y exclusivamente relacionados a la ejecución del proyecto. No está vinculado a un porcentaje del costo del proyecto.

³¹ Bajo la modalidad de ejecución de administración directa; el costo de supervisión está establecido en Directiva N. 017-2023-CG/GMPL"

³² El CCC es el porcentaje correspondiente para los pi que correspondan de acuerdo a la normativa vigente.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tipo de factor productivo	Costo estimado de inversión a precios de mercado (soles)
Costo total de inversión viable	$\sum (C.I + CCC)$

Elaboración propia.

La estimación del costo de inversión se realiza mediante los siguientes pasos:

Paso 1: Articulación de metas físicas y los precios unitarios

La estructura del costo directo deberá realizarse a nivel de acciones, por cada tipo de factor de producción. Como costos indirectos se debe considerar los gastos generales, a los cuales se debe agregar la utilidad y el impuesto general a las ventas en rubros separados de los costos directos de las acciones.

Para la estimación de costos de inversión se debe tener presente las siguientes recomendaciones:

- Los costos por posibles imprevistos o contingencias técnicas no se incluyen como parte de la inversión del proyecto, porque no es posible estimar costos de conceptos que no se ha podido prever en los estudios (imprevistos) o que pueden o no ocurrir (contingentes). Si en la fase de Ejecución surgiera algún imprevisto u ocurriera la contingencia se procederá según lo establecido para el tratamiento de modificaciones en la fase de Ejecución de la Directiva General del Invierte.pe.
- Es posible preestablecer como parte de la inversión acciones a fin de que el servicio no se vea interrumpido durante la fase de Ejecución, por ejemplo, infraestructura provisional para proveer el servicio.
- No se debe incluir el incremento de costos por escalamiento de precios, dado que las inversiones se estiman para el horizonte de evaluación a precios constantes de una determinada fecha (momento inicial del horizonte de evaluación).
- Todas las acciones, como MRR-CCC o para mitigar los impactos ambientales negativos se debe estimar el costo de la misma dentro del presupuesto de inversión.

Una vez definidas las metas físicas del proyecto, se deberán estimar los costos por unidad de medida. Es importante anexar las cotizaciones, presupuesto de obra u otros documentos similares para sustentar las estimaciones de costos.

De ser posible, para la estimación de costos se debería coordinar con la UEI de la entidad para tener en cuenta los costos históricos de proyectos similares ejecutados anteriormente.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

En la tabla siguiente, se muestra un ejemplo de estimación del costo tomando como referencia las partidas de un presupuesto de obra. Se ha considerado el mejoramiento de un sistema de riego con una capacidad de conducción de 1.5 m³/s, construcción de una estructura de captación (Bocatoma) estable, revestimiento de las secciones hidráulicas de canal con concreto simple $f'c=210$ kg/cm², y obras de arte con concreto $f'c=210$ kg/cm².

Tabla 104. Precios unitarios por acción

Acciones	Factor de producción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (soles/UM)
Construcción de Estructura de Captación	Infraestructura	m ²	5000	430.00
Construcción de canal de conducción	Infraestructura	m	1200	600.00
Construcción de canal de distribución	Infraestructura	m	4500	300.00
Construcción de obras de arte	Infraestructura	m ²	250	220.00

Elaboración propia.

Paso 2: Estimación del costo total de inversión del proyecto

El costo total de inversión se calcula multiplicando el precio unitario de las acciones por las metas físicas. Esto constituye el costo directo de la inversión del proyecto. Luego, se debe añadir los costos indirectos que consisten en gastos generales; y posteriormente la utilidad y el IGV. Asimismo, se debe añadir otros costos de inversión que consisten en gestión del proyecto, elaboración de expedientes técnicos o documentos equivalentes, supervisión y gastos de liquidación.

A continuación, se presenta un ejemplo con el detalle que se solicita en una estructura de costos según cada factor de producción.

Tabla 105. Detalle de estructuras de costos de inversión

Factor de Producción: Infraestructura								
Acción			Unidad Física		Dimensión Física		Precio Unitario (soles/UM)	Costo Total
Naturaleza de la acción	Activos	Tipo de factor de producción	Unidad de medida	Cantidad	Unidad de medida	Cantidad		
Construcción	Estructura de captación	Infraestructura	und	1	m ²	5000	430.00	2,150,000.00
Construcción	Canal de conducción	Infraestructura	und	1	m	1200	600.00	720,000.00

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Construcción	canal de distribución	Infraestructura	und	1	m	4500	300.00	1,350,000.00
Construcción	obras de arte	Infraestructura	und	5	m ²	250	220.00	55,000.00
Medidas de reducción de riesgos de desastres y mitigación ambiental								
SUB TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN								4,275,000.00

COSTOS INDIRECTOS E IMPUESTOS		COSTOS A PRECIOS DEL MERCADO
Gastos Generales		427,500.00
Utilidad		427,500.00
IGV		769,500.00
Sub total de costos indirectos e impuestos		1,624,500.00
Costo total de inversión infraestructura (a)		5,899,500.00

Elaboración propia.

Las estimaciones de costos de inversión del proyecto deben abordar todos los costos necesarios para la finalización del proyecto según el diseño preliminar de la(s) alternativa(s) técnica(s) factible(s).

Existen rubros que no constituyen acciones, pero deben ser incluidos en el costo del proyecto. Se incluyen los siguientes rubros fuera de estas acciones:

- **Gastos generales:** Son los gastos que debe efectuar el ejecutor de la obra durante la construcción, por lo cual no pueden ser incluidos dentro de las partidas de costo directo de la obra. Comprende gastos efectuados directamente en obra proporcionalmente en oficina, tales como sueldos, jornales, alquileres de inmuebles, teléfono, útiles, etc.
- **Utilidad:** Es el monto percibido por el contratista, porcentaje del costo directo del presupuesto, y que forma parte del movimiento económico general de la empresa con el objeto de dar dividendos, capitalizar, reinvertir, pagar impuestos relativos a la misma utilidad e incluso cubrir pérdidas de otras obras.
- **Gestión del proyecto:** Los costos de gestión del proyecto no están vinculados directamente con alguna acción considerada en el proyecto, pero son indispensables cuando su necesidad esté debidamente justificada para que ésta se ejecute, por lo tanto, se deben incluir como parte de los costos de inversión. La gestión del proyecto, durante la fase de Ejecución del proyecto, consiste en el planeamiento, organización, dirección, seguimiento y control para lograr una administración e implementación eficiente de las acciones destinadas a la formación o generación de la capacidad de producción de servicios.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

La estimación del costo de gestión del proyecto se realiza en base al análisis riguroso de requerimientos de recursos humanos, materiales, intangibles y servicios directa y exclusivamente relacionados a la ejecución del proyecto.

Por la complejidad o envergadura del proyecto puede ameritar contar con un área de gestión del proyecto en la entidad que se encargue de dirigir, coordinar y ejecutar diferentes aspectos técnicos durante la fase de Ejecución.

- **Expediente técnico:** Son los documentos para desarrollar un diseño definitivo y estimar con precisión los costos de inversión de un proyecto. Para la ejecución de obras civiles e instalaciones se utiliza el expediente técnico, para la adquisición de equipamiento se utilizan las especificaciones técnicas, y para el desarrollo de capacidades o servicios se utilizan los términos de referencia. En forma complementaria, dentro de estos costos encontramos costos de licencias, permisos, certificaciones, entre otros.
- **Supervisión de la obra:** Son los costos asociados al personal profesional y/o inspector de obra o un equipo de inspectores, para realizar el control de los trabajos en la obra, cautelando la correcta ejecución de la obra y el cumplimiento del contrato.
- **Liquidación:** Consiste en un proceso de cálculo técnico, bajo las condiciones normativas y contractuales aplicables al contrato, que tiene por finalidad determinar, principalmente, el costo total de la obra y el saldo económico que puede ser a favor o en contra del contratista o de la Entidad.

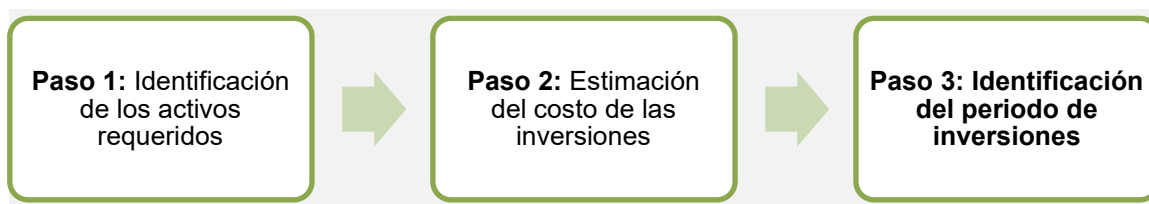
3.12 Estimación del costo de inversión en la fase de funcionamiento

Las inversiones en la fase de Funcionamiento en proyectos de riego están relacionadas con la intervención de aquellos activos cuyo ciclo de vida útil llega a su fin durante el horizonte de evaluación, o aquellos que, debido a obsolescencia tecnológica, deben ser reemplazados para garantizar que el proyecto continúe operando y proporcionando los servicios esperados.

Estos costos no forman parte de los costos de inversión inicial, pero deben ser incluidos en los flujos de costos asociados a la continuidad operativa de la unidad productiva (UP) y son fundamentales para la evaluación social de las alternativas, asegurando la sostenibilidad a largo plazo del proyecto de riego.

A continuación, se presentan los pasos para estimar los costos de inversiones programadas en la fase de Funcionamiento:

Gráfico 56. Pasos para estimar los costos de inversión en la fase de funcionamiento



Elaboración propia.

Paso 1. Identificación de los activos requeridos

Se debe estimar la vida útil o vigencia tecnológica de los principales activos y factores considerados en el proyecto de riego, con el fin de identificar futuras inversiones necesarias dentro del horizonte de funcionamiento. Esto permitirá prever intervenciones que no constituyen nuevos proyectos, sino Inversiones de Optimización, Ampliación Marginal, Reposición y Rehabilitación (IOARR), asegurando que la capacidad de producción del servicio se mantenga durante la fase de Funcionamiento.

Paso 2. Estimación del costo de las inversiones

Por lo general, se asume que el costo de estas inversiones es equivalente al estimado en la fase de Ejecución, bajo el supuesto de que no habrá variaciones en los precios relativos y que se trabaja con precios constantes a una fecha determinada (momento inicial del proyecto). No obstante, si existen indicios de posibles variaciones en los costos de los activos o recursos, estas deben ser estimadas y sustentadas.

Por ejemplo, en un proyecto de riego tecnificado, si en la fase de Ejecución se adquieren equipos de bombeo por S/ 50,000 cada uno, este mismo costo se considerará para su reposición en la fase de Funcionamiento, salvo que existan evidencias que justifiquen ajustes en el valor proyectado.

Paso 3. Identificación del período de inversiones

Para incorporar estas inversiones en el flujo de costos del proyecto, es fundamental identificar el momento en que será necesario reemplazar los activos, programando su adquisición de manera que no se interrumpa el servicio. En el caso de proyectos de riego, esto implica prever la reposición de equipos esenciales, como bombas, válvulas o tuberías, garantizando su operatividad a lo largo del horizonte de funcionamiento. Durante la fase de funcionamiento del proyecto, en el horizonte de evaluación (10 años), identificamos que un proyecto de naturaleza “Riego Tecnificado”, es recomendable la reposición de activos cada cinco (5) años, referido a equipamiento parcelario, dado que estos implementos deben mantener la estructura interna en perfecto estado para cumplir la uniformidad de riego que se requiere en una aplicación.

3.13 Estimación de costos de O&M incrementales

Los costos de operación son aquellos asociados al desarrollo del proceso productivo de los bienes y servicios generados por la Unidad Productiva (UP) una vez que esté en funcionamiento. Entre los costos más relevantes se incluyen sueldos y salarios, materiales e insumos, así como servicios como energía, agua y comunicaciones.

Por otro lado, los costos de mantenimiento se refieren a los incurridos para preservar la capacidad de producción o el nivel de servicio de la infraestructura, maquinaria y equipamiento que participan en el proceso de producción de los bienes y servicios entregados por la UP.

La estimación adecuada de los costos de Operación y Mantenimiento (O&M) es crucial para la sostenibilidad del proyecto de riego, por lo que debe abordarse con cuidado. Además, es necesario definir las fuentes de financiamiento de estos costos (como ingresos por tarifas o transferencias). Es fundamental sustentar los supuestos y parámetros utilizados para la estimación, y presentar los cálculos correspondientes (cantidades y precios unitarios) con sus fuentes de información en un anexo.

Se deben tener presente lo siguiente:

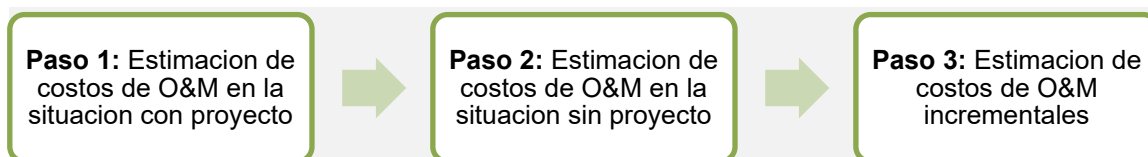
En proyectos de riego, los costos incrementales se generan solo cuando se ejecuta el proyecto, aunque en algunos casos puede haber ahorros por mejoras en eficiencia o avances tecnológicos. Para proyectos de creación, los costos "con proyecto" son los incrementales, mientras que, en proyectos de ampliación o mejoramiento, se deben comparar los costos "con proyecto" y "sin proyecto".

En el caso de proyectos de riego se estiman costos de operación como de mantenimiento. Si la operación y mantenimiento de la unidad productiva (UP) es asumida por otra entidad del Estado al finalizar la ejecución (por ejemplo, una empresa concesionaria), se debe obtener la conformidad de esta entidad respecto a la estimación de los costos y su viabilidad de financiamiento.

Es fundamental documentar y anexar la conformidad y el compromiso de la entidad responsable de operar y mantener la UP tras la intervención.

Para su estimación se siguen los siguientes pasos:

Gráfico 57. Pasos para estimar los costos de O&M incrementales



Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Es fundamental la estimación de los costos detallados de operación y mantenimiento incrementales sobre la base de la comparación de los costos en la situación “sin proyecto y en la situación “con proyecto”, estos costos deben sustentarse con el diseño operacional cumpliendo con los estándares de calidad sectoriales y normas de seguridad.

Paso 1. Estimación de costos de O&M en la situación con proyecto

En este escenario se estima todos los costos de operación y mantenimiento en los que se incurrirá una vez ejecutado el PI, es decir durante la fase de Funcionamiento (incluidos aquellos de las medidas de reducción de riesgos y mitigación de impactos ambientales negativos).

- **Tarea 1. Requerimiento de insumos por unidad de medida**

En la fase de Funcionamiento, se deben estimar los requerimientos de personal, bienes y servicios para garantizar la prestación del servicio con el proyecto. Estos, valorizados, se incorporarán en los flujos de gasto. La estimación debe considerar los estándares sectoriales y basarse en un plan de producción o provisión del servicio, aplicando indicadores de rendimiento según la demanda atendida.

Tabla 106. Recursos recomendados para los Costos de Operación y Mantenimiento –

No	Recursos	Und	P.U	Cantidad	Parcial
01	Operación				
01.01	Gestión de la Organización				
01.01.0 1	▪ Técnico administrativo	mes			
01.01.0 2	▪ Tomero/distribuidor/controlador turnos de riego	mes			
01.01.0 3	▪ Monitoreo de los riegos	h-h			
01.02	Logística operativa				
01.02.0 1	▪ Medidores de caudal	u			
01.02.0 2	▪ Movilidad	mes			
01.02.0 3	▪ Gastos de gestión de Directiva	mes			
01.03	Seguridad y Salud				
01.03.0 1	Botiquín primero auxilios	u			
01.03.0 2	Implementos de seguridad personal	u			
01.03.0 3	Implementos de seguridad colectiva	u			
02	Mantenimiento				
02.01	Personal				

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

No	Recursos	Und	P.U	Cantidad	Parcial
02.01.0 1	▪ Limpieza de malezas	jornal			
02.01.0 2	▪ Descolmatación de bocatomas y cauces	jornal			
02.01.0 3	▪ Limpieza de canales	jornal			
02.01.0 4	▪ Limpieza de obras de arte	jornal			
02.01.0 5	▪ Mantenimiento de equipo metálico	jornal			
02.01.0 6	▪ Reparación canales y obras de arte	jornal			
02.01.0 7	▪ Reparación de equipo electro-mecánico	jornal			
02.01.0 8	▪ Operador de maquinaria	jornal			
02.02	Equipo				
02.02.0 1	▪ Maquinaria excavadora	h-m			
02.02.0 2	▪ Volquete	h-m			
02.02.0 3	▪ Cargador Frontal	h-m			
02.03	Materiales y herramientas				
02.03.0 1	▪ Materiales y útiles de escritorio	glb			
02.03.0 2	▪ Pintura epoxica	gln			
02.03.0 3	▪ Grasa gruesa para estructuras metálicas	kg			
02.03.0 4	▪ Herramientas (palas, picos, barretas)	glb			
02.03.0 5	▪ Accesorios de llaves, cadenas y otros	glb			

Elaboración propia.

• Tarea 2. Estimar los costos de operación en la situación con proyecto

Con la información obtenida calcula los costos de operación en la fase de Funcionamiento, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costo anual} = \text{Cantidad de insumos} \times \text{Costo por unidad de medida} \times \text{periodos al año}$$

Estimamos los costos unitarios y cantidades de insumos que se requieren para calcular los costos de operación durante la fase de funcionamiento del proyecto.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 107. Costos de Operación con Proyecto

No	Recursos	Und	C.U	Cantidad	Parcial
1	Operación				155 690
1.01	Gestión de la Organización				
01.01.01	▪ Técnico administrativo	mes	3500	12	42 000
01.01.02	▪ Tomero/controlador	mes	1500	12	18 000
01.01.03	▪ Monitoreo de los riegos (3 oper)	mes	3600	12	43 200
1.02	Logística operativa				
01.02.01	▪ Medidores de caudal	u	1200	0.2	240
01.02.02	▪ Movilidad	mes	2400	12	28 800
01.02.03	▪ Gastos de gestión de Directiva	mes	1600	12	19 200
1.03	Seguridad y Salud				
01.03.01	▪ Botiquín primero auxilios	u	1	1500	1 500
01.03.02	▪ Implementos de seguridad personal	u	5	420	2 100
01.03.03	▪ Implementos de seguridad colectiva	u	1	650	650

Elaboración propia.

Los costos de operación y mantenimiento incrementales en el presente proyecto disminuyen en la situación con proyecto, por efecto que los costos de maquinaria, insumos y mano de obra por las reparaciones en los tramos del canal afectado se mejorará con el proyecto.

• Tarea 3. Estimar los costos de mantenimiento en la situación con proyecto

Con la información obtenida en la tarea 1, calcula los costos anuales de mantenimiento preventivo, correctivo (reparaciones, rehabilitaciones), rutinario y/o periódico, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Costo anual} = \text{Cantidad} \times \text{Precio unitario} \times \text{periodos al año}$$

Tabla 108. Costos de Mantenimiento con Proyecto

No	Recursos	Und	C.U	Cantidad	Parcial
2	Mantenimiento				410 235
2.01	Personal				
02.01.01	▪ Limpieza de malezas	jornal	40	80	3 200
02.01.02	▪ Descolmatación de bocatomas y cauces	jornal	80	80	6400
02.01.03	▪ Limpieza de canales (canal madre)				
	1era limpia - abril	jornal	204	80	16 320
	2da limpia - agosto	jornal	153	80	12 240
	3ra limpia - diciembre	jornal	153	80	12 240
02.01.04	▪ Limpieza de canales (distribución)				
	1era limpia - abril	jornal	580	80	46 400
	2da limpia - agosto	jornal	436	80	34 880
	3ra limpia - diciembre	jornal	436	80	34 880
02.01.05	▪ Mantenimiento de equipo metálico	jornal	60	120	7 200

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

No	Recursos	Und	C.U	Cantidad	Parcial
02.01.06	▪ Reparación canales y obras de arte	jornal	120	120	14 400
02.01.07	▪ Operador de maquinaria	jornal	90	120	10 800
2.02	Equipo (3 veces al año)				
02.02.01	▪ Maquinaria excavadora	h-m	240	240	57 600
02.02.02	▪ Volquete	h-m	240	240	57 600
02.02.03	▪ Cargador Frontal	h-m	240	240	57 600
2.03	Materiales y herramientas				
02.03.01	▪ Materiales y útiles de escritorio	glb	2800	12	33 600
02.03.02	▪ Pintura epoxica	gln	4	50	200
02.03.03	▪ Grasa gruesa para estructuras metálicas	kg	4	75	300
02.03.04	▪ Herramientas (palas, picos, barretas)	glb	1	2500	2 500
02.03.05	▪ Concreto f'c =210 kg/cm ²	m3	3	625	1 875

Elaboración propia.

Los costos de mantenimiento incrementales en el presente proyecto, disminuyen en la situación con proyecto, por efecto que los costos de maquinaria, insumos y mano de obra por las reparaciones en los tramos del canal afectado se mejorará con el proyecto.

- **Tarea 4. Estimar los costos de la operación y mantenimiento de las medidas de reducción de riesgo y de las medidas de mitigación ambiental durante la fase de operación**

Con la información del AdR-CCC, se estiman los costos recurrentes de operación y mantenimiento de las medidas de reducción de riesgos de desastre y las MRR-CCC durante la fase de funcionamiento. Asimismo, con la evaluación ambiental, se determinan los costos de operación y mantenimiento de las medidas de mitigación de impactos ambientales negativos en esta fase.

Ejemplo : Existe un tramo de canal de 20 m de longitud que pasa por una quebrada que se activa con lodo con el fenómeno del niño, a pesar de los muros de encauzamiento construidos, deja enterrado el canal con una altura considerable de tierra y piedras, requiere mantenimiento para que el sistema esté operativo.

Paso 2. Estimación de costos de O&M en la situación sin proyecto

En la situación "sin proyecto", se deben estimar todos los costos en los que continuará incurriendo la UP en caso de no ejecutarse la inversión. Estos costos, por lo general, reflejan la situación actual o, si corresponde, una versión optimizada de la misma.

Para ello, es fundamental revisar la documentación disponible sobre los costos históricos de operación y mantenimiento de la UP (si existen), a fin de comprender los recursos necesarios para la provisión del servicio. Con esta información, se procederá

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

a estimar los costos anuales de operación y mantenimiento para la fase de Funcionamiento del proyecto.

- Mejoramiento de un canal en la situación sin proyecto

Tabla 109. Costos de Operación y Mantenimiento Sin Proyecto

No	Recursos	Und	P.U	Cantidad	Parcial
1	Operación				155 690
1.01	Gestión de la Organización				
01.01.01	▪ Técnico administrativo	mes	3500	12	42 000
01.01.02	▪ Tomero/controlador	mes	1500	12	18 000
01.01.03	▪ Monitoreo de los riegos (3 oper)	mes	3600	12	43 200
1.02	Logística operativa				
01.02.01	▪ Medidores de caudal	u	1200	0.2	240
01.02.02	▪ Movilidad	mes	2400	12	28 800
01.02.03	▪ Gastos de gestión de Directiva	mes	1600	12	19 200
1.03	Seguridad y Salud				0
01.03.01	▪ Botiquín primero auxilios	u	1	1500	1 500
01.03.02	▪ Implementos de seguridad personal	u	5	420	2 100
01.03.03	▪ Implementos de seguridad colectiva	u	1	650	650
2	Mantenimiento				462 300
2.01	Personal				0
02.01.01	▪ Limpieza de malezas	jornal	40	80	3 200
02.01.02	▪ Descolmatación de bocatomas y cauces	jornal	80	80	6 400
02.01.03	▪ Limpieza de canales (canal madre)				0
	1era limpia - abril	jornal	204	80	16 320
	2da limpia - agosto	jornal	153	80	12 240
	3ra limpia - diciembre	jornal	153	80	12 240
02.01.04	▪ Limpieza de canales (distribución)				0
	1era limpia - abril	jornal	580	80	46 400
	2da limpia - agosto	jornal	436	80	34 880
	3ra limpia - diciembre	jornal	436	80	34 880
02.01.05	▪ Mantenimiento de equipo metálico	jornal	60	120	7 200
02.01.06	▪ Reparación canales y obras de arte	jornal	230	120	27 600
02.01.07	▪ Operador de maquinaria	jornal	108	120	12 960
2.02	Equipo (3 veces al año)				
02.02.01	▪ Maquinaria excavadora	h-m	288	240	69 120
02.02.02	▪ Volquete	h-m	288	240	69 120
02.02.03	▪ Cargador Frontal	h-m	288	240	69 120
2.03	Materiales y herramientas				
02.03.01	▪ Materiales y útiles de escritorio	glb	2800	12	33 600
02.03.02	▪ Pintura epoxica	gln	4	50	200
02.03.03	▪ Grasa gruesa para estructuras metálicas	kg	4	75	300
02.03.04	▪ Herramientas (palas, picos, barretas)	glb	1	2500	2 500

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

No	Recursos	Und	P.U	Cantidad	Parcial
02.03.05	▪ Concreto f'c =210 kg/cm ²	m3	6	625	3 750
Total					617 720

Elaboración propia.

Paso 3. Estimación de los costos O&M incrementales.

Los costos de operación y mantenimiento incrementales en el presente proyecto disminuyen en la situación con proyecto, por efecto que los costos de maquinaria, insumos y mano de obra por las reparaciones en los tramos del canal afectado se mejorará con el proyecto. La fórmula para estimar los costos incrementales es el siguiente:

$$Costos_{con\ proyecto} - Costos_{sin\sin\ proyecto} = Costos\ incrementales$$

De los ejemplos desarrollados en los pasos 1 y paso 2, estimamos los costos incrementales.

Tabla 110. Costos incrementales de Operación y Mantenimiento

Actividades	Períodos						
	Año 1	Año 2	Año 3	.....	Año ...	Año 9	Año 10
Operación S/P	155 690	155 690	155 690		....	155 690	155 690
Mantenimiento S/P	462 030	462 030	462 030		....	462 030	462 030
SIN PROYECTO - Subtotal	617 720	617 720	617 720		....	617 720	617 720
Operación C/P	155 690	155 690	155 690		....	155 690	155 690
Mantenimiento C/P	410 235	410 235	410 235		....	410 235	410 235
CON PROYECTO - Subtotal	565 925	565 925	565 925		....	565 925	565 925
Operación	0	0	0		.....	0	0
Mantenimiento	51 795	51 795	51 795		.....	51 795	51 795
COSTOS INCREMENTALES	51 795	51 795	51 795		.....	51 795	51 795

Elaboración propia.

3.14 Flujo de costos incrementales a precios de mercado

Con la estimación de los costos a precios de mercado durante el horizonte de evaluación, se elaborarán los flujos de costos incrementales para cada una de las alternativas técnicas factibles a evaluar, pudiendo organizarse por activo.

4. CAPÍTULO III: Módulo de Evaluación

El módulo de evaluación tiene como objetivo determinar la alternativa más eficiente para resolver el problema identificado y verificar la sostenibilidad de la inversión. Esta evaluación se realiza en ocho pasos.

El primer paso consiste en la elaboración de los flujos de beneficios y costos. Estos costos se estiman a precios de mercado y se convierten a precios sociales para evaluar la rentabilidad social de la inversión. Es fundamental aplicar metodologías adecuadas para identificar los beneficios sociales asociados al proyecto, con el fin de realizar una evaluación precisa de la inversión.

El segundo paso implica seleccionar el indicador de rentabilidad más adecuado para evaluar las diferentes alternativas planteadas. Los indicadores más comunes son el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR). Para el caso de proyectos de riego no se realiza el análisis de Costo Efectividad (CE).

El tercer paso corresponde al análisis de sensibilidad de la inversión. Este paso es crucial para asegurar el funcionamiento adecuado del proyecto una vez implementado, permitiendo a la población beneficiaria percibir los beneficios previstos. El análisis de sensibilidad permite modelar futuros escenarios basados en ciertos parámetros y, en consecuencia, realizar ajustes que puedan mitigar o reducir posibles impactos negativos en el futuro.

Los pasos cuarto, quinto y sexto se enfocan en la evaluación privada de la inversión, el análisis de sostenibilidad y la forma de financiamiento del proyecto, respectivamente.

El séptimo paso es la elaboración de la Matriz de Marco Lógico, que permite consolidar un resumen claro y conciso del proyecto de inversión. Esta matriz es útil para futuras evaluaciones, ya que muestra información clave sobre el fin, el propósito, los componentes y las acciones relacionadas con la inversión.

Finalmente, el octavo paso corresponde a la elaboración de conclusiones y recomendaciones asociadas a la inversión evaluada. En esta etapa, se resumen las características consideradas y se detallan las razones que sustentan la viabilidad o no viabilidad de la inversión.

Evaluación social

Un proyecto de inversión tiene como finalidad atender una necesidad específica, en el caso de un proyecto de riego se pueden considerar la falta de acceso o la provisión inadecuada de agua para riego. Para ello, en un periodo determinado, se desarrollan una serie de acciones dirigidas a la creación o mejora de una Unidad Productora (UP), la cual se obtiene mediante la transformación de insumos en activos o factores de producción. Este proceso puede representarse a través de la cadena de resultados (también

denominada cadena de valor) de un proyecto de inversión, la cual se ilustra a continuación.

4.1 Beneficios sociales

Los beneficios sociales permiten incrementar el bienestar a los usuarios atendidos por la unidad productora intervenida con el PI como consecuencia del mayor consumo del bien o servicio o de la mejor calidad de éste. Asimismo, es posible que los beneficios del PI se proyecten a agentes distintos a la población a la cual está dirigida el proyecto.

Mediante los PI se pueden generar hasta cuatro tipos de beneficios para la sociedad (directos, indirectos, externalidades positivas e intangibles). A continuación, se proporciona el significado de cada uno de estos conceptos:

- **Beneficios directos.** Estos beneficios se refieren al efecto inmediato que ejerce el acceso de la población usuaria al bien o al servicio intervenido por el proyecto. En algunos casos, dichos beneficios pueden monetizarse. Dichos beneficios se relacionan con el mercado del bien o servicio intervenido por el proyecto y pueden provenir de las siguientes fuentes:
 - **El ahorro o la liberación de recursos:** Son los beneficios obtenidos por el ahorro de costos valorados a precios sociales como consecuencia del acceso al bien y/o servicio. (Por ejemplo: Reducen la erosión y la desertización, y aportan oxígeno a la atmósfera).
 - **El mayor consumo del bien o del servicio:** Son los beneficios obtenidos por el mayor consumo valorados a precios sociales debido a su menor precio y mayor disponibilidad. (Por ejemplo: Aumentan la productividad de los cultivos).
- **Beneficios indirectos:** son aquellos beneficios que se producen en otros mercados relacionados con el bien o el servicio que se provee con la capacidad generada por el PI. (Por ejemplo: Incrementan el valor paisajístico)
- **Externalidades Positivas:** se generan sobre terceros quienes no están vinculados con el mercado del servicio ni directa ni indirectamente. Se debe considerar las externalidades positivas que pudieran haberse identificado en el análisis del impacto ambiental desarrollado en el módulo de Formulación. (Por ejemplo: Reducen la erosión y la desertización, y aportan oxígeno a la atmósfera)
- **Intangibles:** son beneficios de difícil medición o valorización. Dentro de los intangibles se incluyen los efectos que el proyecto tiene sobre el bienestar de una comunidad; entre ellas, la migración de especies animales, belleza paisajística, conservación de patrimonio inmaterial, etc. (Por ejemplo: Los canales de riego crean paisajes y patrimonio cultural)

En ese sentido, para las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado los beneficios sociales directos se definen como: *“Valor neto de la producción incremental asociado al incremento de la producción, la productividad o, la calidad de los productos”*

Así mismo, los ingresos que generan las Unidades Productoras para estas tipologías vienen definida como: *“Valor neto de la producción incremental asociado al incremento de la producción, la productividad o, la calidad de los productos”*

Para la estimación de los beneficios sociales de cada alternativa de solución se deben seguir los pasos:

Paso 1: Identificación de los beneficios sociales

En este primer paso se identifican los beneficios sociales del proyecto, tomando como referencia el objetivo central y los fines directos e indirectos del proyecto que se definieron en el módulo de identificación (árbol de medios y fines).

En el caso de un PI del servicio de agua para riego, la alternativa que se evalúa considera la instalación de un sistema de riego que permitirá la incorporación de nuevas áreas agrícolas y el incremento en la productividad de las que en la actualidad se cultivan en secano. El beneficio social que se ha identificado es el incremento en la producción agrícola, que es consistente con los fines directos del proyecto, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 111. Identificación de los beneficios sociales para un proyecto de inversión de la tipología de Infraestructura de Rego y Riego Tecnificado

Fines Directos (FD)	Beneficio social
FD: Incremento de los rendimientos de los cultivos en la zona de influencia.	Incremento de la producción agrícola

Elaboración propia.

Paso 2: Estimación de los beneficios sociales en la situación con proyecto

En este paso se llevan a cabo tres (03) tareas que permitan la estimación de los beneficios sociales en la situación con proyecto:

- **Tarea 1: Determinar el indicador o indicadores para la cuantificación**

Se debe contar con un indicador cuantitativo con el cual se estiman los beneficios sociales identificados en el paso anterior.

Para los proyectos de inversión de la tipología de Infraestructura de riego y Riego Tecnificado, el indicador a utilizar es el **“número de hectáreas que recibirán el agua para riego”**.

▪ **Tarea 2: Estimar el beneficio social unitario**

Para el caso de la tipología de infraestructura de riego y riego tecnificado, este se define de la siguiente manera: “*Valor neto de la producción por hectárea*”

Para la estimación del beneficio por hectárea que se muestra en la siguiente tabla, se ha considerado la siguiente información, la cual se ha desarrollado en el estudio Agroeconómico o de informes de las Direcciones y/o Gerencias Regionales de Agricultura:

- La cédula de cultivo que se aplicará en la situación con proyecto.
- La información obtenida en el mercado sobre el precio en chacra para cada cultivo y productos similares en calidad.
- El rendimiento promedio esperado con el proyecto en cada cultivo, sobre la base de situaciones similares.
- Los ahorros de costos de producción del cultivo.

En siguiente tabla se muestra un ejemplo de las estimaciones del valor neto de la producción (VNP), por hectárea por cultivo.

Tabla 112. Valor neto de la producción por cultivo por campaña en la situación con proyecto

Cultivos	Rendimiento	Precio en Chacra	% destinado al	Costo de producción	VNP por ha (Soles)
	Kg/ha	Soles / kg	Mercado	Soles / ha	
Arroz	7,347.00	0.85	0.95	3,223.58	2,709.12
Maíz Amarillo Duro	2,045.00	0.69	0.95	1,182.08	158.42
Soya	2,225.00	1.73	0.95	1,464.26	2,192.53
Frijol	3,176.00	1.72	0.95	1,303.05	3,886.53
Yuca	8,090.00	0.54	0.95	1,905.68	2,244.49
Cacao	768.00	4.98	0.95	1,592.81	2,040.60
Café	880.00	5.76	0.95	1,970.78	2,844.58
Pastos	22,993.00	0.04	0.95	587.30	286.43

Elaboración propia.

▪ **Tarea 3. Elaborar el flujo de beneficios sociales**

Con la información proveniente de las tareas anteriores se estiman los beneficios sociales anuales durante la fase de Funcionamiento del proyecto. Los flujos de los beneficios sociales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 113. Estimación del VNP total por cultivo y campaña en la situación con proyecto

Cultivos	Area (ha)	VNP por ha (Soles)	VNP Total (Soles)
Arroz	1,712.00	2,709.12	4,638,017.72
Maíz Amarillo Duro	219.00	158.42	34,693.43
Soya	68.00	2,192.53	149,091.87
Frijol	34.00	3,886.53	132,142.16
Yuca	24.00	2,244.49	53,867.76
Cacao	87.00	2,040.60	177,532.03
Café	113.00	2,844.58	321,437.54
Pastos	1,807.00	286.43	517,586.24
TOTAL	4,064.00		6,024,368.74

Elaboración propia.

Para elaborar los flujos de beneficios sociales en este PI, se deberá considerar:

- El ritmo de incorporación de las nuevas tierras a la producción.
- Los incrementos en productividad basados en experiencias probadas.
- Los resultados del balance hídrico
- El número de campañas por año.

En la tabla siguiente se muestra el flujo de beneficios sociales del proyecto

Tabla 114. Flujo de beneficios sociales en la situación con proyecto

Años funcionamiento	VNP Total (Soles)
1	6,024,368.74
2	6,024,368.74
3	6,024,368.74
4	6,024,368.74
5	6,024,368.74
6	6,024,368.74
7	6,024,368.74
8	6,024,368.74
9	6,024,368.74
10	6,024,368.74

Elaboración propia.

Paso 3: Estimación de los beneficios sociales en la situación sin proyecto

Para estimar los beneficios sociales en la situación sin proyecto las tareas son similares a las desarrolladas en el paso 2; el escenario en este caso considera las tendencias a futuro sin intervención del proyecto. En consecuencia, se llevan a cabo tres (03) tareas que permitan la estimación de los beneficios sociales en la situación sin proyecto

Paso 4: Elaboración del flujo de beneficios sociales incrementales

El flujo de beneficios sociales incrementales se elabora sobre la base de la comparación de los beneficios sociales en la «situación con proyecto» y la “situación sin proyecto”.

Para ilustrar el proceso de estimación de beneficios sociales incrementales (situación con proyecto y sin proyecto), se presenta el ejemplo a continuación (ver siguiente tabla).

Tabla 115. Flujo de beneficios sociales incrementales

Años en la fase de funcionamiento	Beneficios con Proyecto (Soles)	Beneficios sin Proyecto (Soles)	Beneficios Incrementales (Soles)
1	6,024,368.74	5,318,361.03	706,007.72
2	6,024,368.74	5,318,361.03	706,007.72
3	6,024,368.74	5,318,361.03	706,007.72
4	6,024,368.74	5,318,361.03	706,007.72
5	6,024,368.74	5,318,361.03	706,007.72
6	6,024,368.74	5,318,361.03	706,007.72
7	6,024,368.74	5,318,361.03	706,007.72
8	6,024,368.74	5,318,361.03	706,007.72
9	6,024,368.74	5,318,361.03	706,007.72
10	6,024,368.74	5,318,361.03	706,007.72

Elaboración propia.

A continuación, se presentan dos ejemplos de la estimación de los beneficios sociales vinculados a la naturaleza de mejoramiento y creación.

Recuadro 16: Cálculo de beneficios sociales PI de Mejoramiento

Paso 1: Identificación de los beneficios sociales.

Tabla 116. Beneficios Sociales

Tipología de proyecto	Ingresos	Beneficios Sociales Directos
Infraestructura de Riego	Tarifa de uso de agua	Valor Neto de Producción Agrícola Incremental.
Riego Tecnificado.	Tarifa de uso de agua	Valor Neto de Producción Agrícola Incremental.

Elaboración propia.

Tabla 117. Variables y consideraciones para la estimación de los beneficios sociales en un proyecto de mejoramiento

Variables	Unidades	Criterios para la provisión del servicio de agua para riego en un sistema mejorado.
Área	ha	Se mantiene el área de producción
Rendimiento	Kg/ha	Incremento de los rendimientos

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Precios	S/.	Se mantienen los precios del producto agrícola
Costo Unitario de Producción	S/./ha	Posible variación en los costos de producción

Elaboración propia.

Paso 2.- Estimación de los beneficios sociales en la situación con proyecto

Tarea 1. Determinar el indicador o indicadores para la cuantificación

Cuando se implemente el proyecto el indicador que se busca medir es “número de hectáreas que recibirán el agua para riego”.

Tarea 2. Estimar el beneficio social unitario

El beneficio social represente el “Valor neto de la producción por hectárea”, para estimar ello se deberán de realizar las siguientes actividades:

- Identificación de áreas bajo riego
- Análisis de los rendimientos del cultivo
- Precios de los cultivos
- Estimación del valor bruto de la producción
- Estimación del costo unitario de producción
- Estimación del costo total de la producción
- Estimación del valor neto de producción

Estas actividades se desarrollan a continuación:

Actividad 1: Identificación de áreas bajo riego. - De acuerdo con la cédula de cultivo utilizada en el balance hídrico, registrar en la siguiente tabla las áreas definidas en la situación CON PROYECTO, los cultivos de la primera y segunda campaña (cuándo corresponda) en un horizonte de evaluación de 10 años.

Tabla 118. Áreas de cultivos (ha)

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	.....	año 10
Área (ha)	610.00	610.00	610.00	610.00	.....	.....	.....	610.00
1era campaña								
▪ Cultivo 1	174.20	174.20	174.20	174.20	.....	.....	.....	174.20
▪ Cultivo 2	127.19	127.19	127.19	127.19	.....	.....	.....	127.19
▪ Cultivo 3								
▪								
2da Campaña								
▪ Cultivo 1	152.75	152.75	152.75	152.75	.....	.....	.....	152.75
▪ Cultivo 2	29.44	29.44	29.44	29.44	.....	.....	.....	29.44
▪ Cultivo 3	126.42	126.42	126.42	126.42	.....	.....	.....	126.42
▪								

Elaboración propia.

Actividad 2: Análisis de los rendimientos del cultivo. - Con el mejoramiento de la provisión del servicio de agua, se incrementan los rendimientos de los cultivos, dado que los riegos son más oportunos y se mejora los requerimientos hídricos para los cultivos.

Para la estimación de la pérdida del rendimiento por efecto del déficit hídrico, se recomienda utilizar el procedimiento metodológico de la publicación N°33 de la serie Riego y Drenaje de la FAO o en su defecto utilizar el software CROWAT 8.0. (Se presenta un ejemplo de cálculo).

Las pérdidas de rendimiento (Ky) son diferentes para cada cultivo, cuando están sometidos a un mismo porcentaje de déficit hídrico, debido que algunos cultivos son más resistentes al estrés hídricos que otros cultivos. A nivel nacional se ha analizado que los rendimientos de los cultivos bajo riego podrían reducir hasta un 30% por déficit hídrico.

Tabla 119. Rendimientos de cultivos (kg/ha) - Con proyecto

Concepto		año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	año 10
Rendimiento (kg/ha)	Incremento de Ky (%)							
1era campaña								
▪ Cultivo 1	15.6%	2716.6	2716.6	2716.6	2716.6	.....	.....	2716.6
▪ Cultivo 2	18.0%	21476.0	21476.0	21476.0	21476.0	.....	.....	21476.0
▪ Cultivo 3								
▪								
2da Campaña								
▪ Cultivo 1	18.5%	2192.3	2192.3	2192.3	2192.3	.....	.....	2192.3
▪ Cultivo 2	15.5%	1316.7	1316.7	1316.7	1316.7	.....	.....	1316.7
▪ Cultivo 3	10.6%	1216.6	1216.6	1216.6	1216.6	.....	.....	1216.6
▪								

Elaboración propia.

Reducción del rendimiento

La reducción del rendimiento por estrés hídrico se expresa como un porcentaje de la producción máxima alcanzable en la zona en condiciones óptimas. Puede ser calculada con referencia a una única etapa del ciclo de cultivo o para toda la temporada de cultivo.

La reducción del rendimiento se calcula con la siguiente ecuación:

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_{\max}}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_{c-aj}}{ET_c}\right)$$

donde: Ky factor de respuesta del rendimiento [-]
ETc-aj Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar [mm d-1]
ETc Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar [mm d-1]
Ya Rendimiento alcanzable en condiciones reales
Ymax Máximo rendimiento del cultivos alcanzable en caso de la plena satisfacción de los requerimientos de agua del cultivo

Para una descripción detallada de este enfoque, los usuarios pueden consultar la publicación N° 33 de la Serie Riego y Drenaje de la FAO, titulada "Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua". Haga clic [aquí](#) para ver esta publicación en línea. (Este enlace requiere conexión a Internet)

La variable reducción de rendimientos "Ky" tiene que ser estimada, considerando el déficit hídrico que ha sido calculada en la Determinación de la brecha Oferta – Demanda.

Gráfico 58. Estimación de brecha hídrica



En la situación sin proyecto tenemos una brecha hídrica promedio anual:

$$\text{Brecha (\%)} = (\text{Disp. Capt.} - \text{Demanda S/P}) / \text{Disp. Capt.} \times 100 = 21.9\%$$

En la situación con proyecto tenemos una brecha hídrica promedio anual:

$$\text{Brecha (\%)} = (\text{Disp. Capt.} - \text{Demanda C/P}) / \text{Disp. Capt.} \times 100 = 2.0\%$$

Opciones de CROPWAT

Progr. de cultivos no inund.

Criterio de programación para cultivos distintos al arroz

Momento de riego

Regar a intervalo fijo por etapa

Etapa inicial: 10 días Etapa med.: 10 días
Etapa de desarrollo: 10 días Fin de temporada: 10 días

Aplicación de riego

Reponer agua debajo / encima capacidad de campo

Reponer contenido de agua del suelo a 78 % de Cp. de campo

Eficiencia de riego

Eficiencia de riego: 54 %

Guardar como por defecto

Volver a conf. FAD por defecto

OK

Cancelar

Ayuda

eficiencia de riego
10 días

Brecha actual
(21.9%)

eficiencia de riego
54%

Reducción
rendimiento por
déficit hídrico 54%

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Programación de riego de cultivo

ETo estación: MAJES Cultivo: MAIZE (Grain) Siembra: 03/08/15 Red. Rend. 10.6 %
 Est. de lluvia: Majes Suelo: Light (sand) Cosecha: 05/12/15

Formato de Tabla:
☒ Program. de riego
☐ Bal. diario de agua de suelo

Momento: Regar a intervalo fijo por etapa
 Aplicación: Reponer agua debajo / encima capacidad de campo
 Ef. campo: 54 %

Fecha	Día	Eta	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
12 Ago	10	Ini	0.0	1.00	100	34	10.2	5.7	0.0	18.9	0.22
22 Ago	20	Ini	0.0	1.00	100	40	16.2	7.0	0.0	30.0	0.35
1 Sep	30	Des	0.0	1.00	100	46	23.5	8.3	0.0	43.5	0.50
11 Sep	40	Des	0.0	0.97	100	63	40.9	9.6	0.0	75.7	0.88
21 Sep	50	Des	0.0	0.73	95	73	55.3	11.0	0.0	102.4	1.18
1 Oct	60	Med	0.0	0.53	88	81	65.8	11.6	0.0	121.9	1.41
11 Oct	70	Med	0.0	0.47	86	83	68.0	11.6	0.0	125.9	1.46
21 Oct	80	Med	0.0	0.45	85	84	68.7	11.6	0.0	127.1	1.47
31 Oct	90	Med	0.0	0.45	85	83	68.5	11.6	0.0	126.8	1.47
10 Nov	100	Fin	0.0	0.53	90	93	67.0	12.5	0.0	124.2	1.44

Uso real de agua del cultivo	604.9	mm	Def. de hum. en cosecha	25.8	mm
Uso pot. de agua del cultivo	661.2	mm	Requer. reales de riego	660.4	mm
Efic. de programación de riego	100.0	%	Efic. de precipitación	96.2	%
Deficiencia de programación de riego	8.5	%			

Reducción de rendimiento	Stagelabel	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETc	0.0	2.1	13.8	6.2	8.5	%
Factor de respuesta del rend.	0.40	0.40	1.30	0.50	1.25	%
Red. del rend.	0.0	0.8	18.0	3.1		%
Reducc. acum. del rendimiento	0.0	0.8	18.7	21.2	10.6	%

Elaboración propia.

Actividad 3: Precios de los cultivos. - Considerar los precios de mercado en la actualidad y analizar la tendencia en los últimos años.

Tabla 120. Precios de mercado (S./.) – Con proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	.....	año 10
Precios (S./kg)								
1era campaña								
▪ Cultivo 1	3.5	3.5	3.5	3.5	.....	.....	.....	3.5
▪ Cultivo 2	1.1	1.1	1.1	1.1	.....	.....	.....	1.1
▪ Cultivo 3								
▪								
2da Campaña								
▪ Cultivo 1	4.2	4.2	4.2	4.2	.....	.....	.....	4.2
▪ Cultivo 2	3.2	3.2	3.2	3.2	.....	.....	.....	3.2
▪ Cultivo 3	3.4	3.4	3.4	3.4	.....	.....	.....	3.4
▪								

Elaboración propia.

Actividad 4: Estimación del valor bruto de la producción.

$$VBP = \text{Area (ha)} * \text{Rendimiento (kg/ha)} * \text{Precio (S./kg)}$$

Tabla 121. Valor bruto de la producción (S/.) - Con proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	año 10
Valor Bruto de la Producción (S/)	7,807,020	7,807,020	7,807,020	7,807,020	$\sum_{C_1}^{C_n} V$	$\sum_{C_1}^{C_n} V$	7,807,020
1era campaña							
▪ Cultivo 1	1,656,311	1,656,311	1,656,311	1,656,311	.....	.....	1,656,311
▪ Cultivo 2	4,097,299	4,097,299	4,097,299	4,097,299	.....	.....	4,097,299
▪ Cultivo 3							
▪							
2da Campaña							
▪ Cultivo 1	1,406,438	1,406,438	1,406,438	1,406,438	.....	.....	1,406,438
▪ Cultivo 2	124,044	124,044	124,044	124,044	.....	.....	124,044
▪ Cultivo 3	522,929	522,929	522,929	522,929	.....	.....	522,929
▪							

Elaboración propia.

Actividad 5: Estimación del costo unitario de producción. - La siguiente tabla 7 se registran los Costos Unitario de Producción de cada cultivo a precios sociales, modificados por su factor de corrección.

Tabla 122. Costo unitario de producción (S/./ha) – Con Proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	.....	año 10
Costo unitario de Producción (S/./ha)								
1era campaña								
▪ Cultivo 1	4,237	4,237	4,237	4,237	.....	.....	.....	4,237
▪ Cultivo 2	8,590	8,590	8,590	8,590	.....	.....	.....	8,590
▪ Cultivo 3								
▪								
2da Campaña								
▪ Cultivo 1	3,835	3,835	3,835	3,835	.....	.....	.....	3,835
▪ Cultivo 2	1,263	1,263	1,263	1,263	.....	.....	.....	1,263
▪ Cultivo 3	2,798	2,798	2,798	2,798	.....	.....	.....	2,798
▪								

Elaboración propia.

Actividad 6: Estimación del costo total de la producción. - Se realiza de la manera siguiente:

$$CTP = \text{Area (ha)} * \text{Costo de producción por unidad de área (S/./ha)}$$

Tabla 123. Costo Total de producción (S/.) – Con Proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4			año 10
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Costo total de la Producción (S/.)	2,807,350	2,807,350	2,807,350	2,807,350			2,807,350
1era campaña							
▪ Cultivo 1	738,085	738,085	738,085	738,085	.....	.....	738,085
▪ Cultivo 2	1092,562	1092,562	1092,562	1092,562	.....	.....	1092,562
▪ Cultivo 3							
▪							
2da Campaña							
▪ Cultivo 1	585,796	585,796	585,796	585,796	.....	.....	585,796
▪ Cultivo 2	37,183	37,183	37,183	37,183	.....	.....	37,183
▪ Cultivo 3	353,723	353,723	353,723	353,723	.....	.....	353,723
▪							

Elaboración propia.

Actividad 7: Estimación del valor neto de producción. - En la situación CON PROYECTO, de la manera siguiente:

$$VNP_{CP} = VBP - CTP$$

Tabla 124. Valor neto de la producción (S/.) - Con Proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	año 10
Valor Neto de la Producción (S/.)	4,999,670	4,999,670	4,999,670	4,999,670			4,999,670
1era campaña							
▪ Cultivo 1	918,225	918,225	918,225	918,225	.....	.....	918,225
▪ Cultivo 2	3,004,736	3,004,736	3,004,736	3,004,736	.....	.....	3,004,736
▪ Cultivo 3							
▪							
2da Campaña							
▪ Cultivo 1	820,642	820,642	820,642	820,642	.....	.....	820,642
▪ Cultivo 2	86,861	86,861	86,861	86,861	.....	.....	86,861
▪ Cultivo 3	169,206	169,206	169,206	169,206	.....	.....	169,206
▪							

Elaboración propia.

Tarea 2: Elaborar el flujo de beneficios sociales

Se elabora el flujo de beneficios para el horizonte de evaluación del proyecto. En este caso es similar a la tabla anterior.

Paso 3: Estimación de los beneficios sociales en la situación sin proyecto

Continuando con el ejemplo 1 se realiza el mismo procedimiento que se muestra en el paso 2, con la diferencia que se analiza la situación sin proyecto. En ese sentido a continuación presentaremos los resultados de las 7 actividades antes mencionadas.

Actividad 1: Áreas de cultivos. - De acuerdo con la cédula de cultivo utilizada en el balance hídrico, registrar en la siguiente tabla las áreas definidas que son las mismas que en la situación con proyecto, los cultivos de la primera y segunda campaña (cuándo corresponda) en un horizonte de evaluación de 10 años.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 125. Áreas de cultivo (ha) - Con proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	.....	año 10
Área (ha)	610.00	610.00	610.00	610.00	.....	.....	.....	610.00
1era campaña								
▪ Cultivo 1	174.20	174.20	174.20	174.20	.....	.....	.....	174.20
▪ Cultivo 2	127.19	127.19	127.19	127.19	.....	.....	.....	127.19
▪ Cultivo 3								
▪								
2da Campaña								
▪ Cultivo 1	152.75	152.75	152.75	152.75	.....	.....	.....	152.75
▪ Cultivo 2	29.44	29.44	29.44	29.44	.....	.....	.....	29.44
▪ Cultivo 3	126.42	126.42	126.42	126.42	.....	.....	.....	126.42
▪								

Elaboración propia.

Actividad 2: Rendimiento de los cultivos. - Del diagnóstico realizado a los cultivos de la zona, registrar la información de rendimientos actuales en la siguiente tabla.

Tabla 126. Rendimientos de cultivos (kg/ha) – Sin Proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	.....	año 10
Rendimiento (kg/ha)								
1era campaña								
▪ Cultivo 1	2350	2350	2350	2350	.....	.....	.....	2350
▪ Cultivo 2	18200	18200	18200	18200	.....	.....	.....	18200
▪ Cultivo 3								
▪								
2da Campaña								
▪ Cultivo 1	1850	1850	1850	1850	.....	.....	.....	1850
▪ Cultivo 2	1140	1140	1140	1140	.....	.....	.....	1140
▪ Cultivo 3	1100	1100	1100	1100	.....	.....	.....	1100
▪								

Elaboración propia.

Actividad 3: Precios de los cultivos. -Los precios de mercado en la actualidad (ver diagnóstico).

Tabla 127. Precios de mercado (S/.) - Sin proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	.....	año 10
Precios (S./kg)								
1era campaña								
▪ Cultivo 1	3.5	3.5	3.5	3.5	.....	.....	.....	3.5
▪ Cultivo 2	1.1	1.1	1.1	1.1	.....	.....	.....	1.1
▪ Cultivo 3								
▪								
2da Campaña								
▪ Cultivo 1	4.2	4.2	4.2	4.2	.....	.....	.....	4.2
▪ Cultivo 2	3.2	3.2	3.2	3.2	.....	.....	.....	3.2
▪ Cultivo 3	3.4	3.4	3.4	3.4	.....	.....	.....	3.4
▪								

Elaboración propia.

Actividad 4: Estimación del Valor Bruto de la Producción.

$$VBP = Area (ha) * Rendimiento(kg/ha) * Precio(S./kg)$$

Tabla 128. Valor Bruto de la Producción (S/.) – Sin Proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	año 10
Valor Bruto de la Producción (S/)	6,672,157	6,672,157	6,672,157	6,672,157	$\sum_{c_n}^{c_1} VB$	$\sum_{c_n}^{c_1} V$	6,672,157
1era campaña							
▪ Cultivo 1	1432,795	1432,795	1432,795	1432,795	.....	.....	1432,795
▪ Cultivo 2	3472,287	3472,287	3472,287	3472,287	.....	.....	3472,287
▪ Cultivo 3							
▪							
2da Campaña							
▪ Cultivo 1	1186,868	1186,868	1186,868	1186,868	.....	.....	1186,868
▪ Cultivo 2	107,397	107,397	107,397	107,397	.....	.....	107,397
▪ Cultivo 3	472,811	472,811	472,811	472,811	.....	.....	472,811
▪							

Elaboración propia.

Actividad 5: Estimación del costo de unitario de producción. - La siguiente tabla se registran los Costos Unitario de Producción de cada cultivo a precios sociales, modificados por su factor de corrección.

Tabla 129. Costo unitario de producción (S/./ha) - Sin proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	.....	año 10
Costo unitario de Producción (S/./ha)								
1era campaña								
▪ Cultivo 1	4,237	4,237	4,237	4,237	.....	.....	.....	4,237
▪ Cultivo 2	8,590	8,590	8,590	8,590	.....	.....	.....	8,590
▪ Cultivo 3								
▪								
2da Campaña								
▪ Cultivo 1	3,835	3,835	3,835	3,835	.....	.....	.....	3,835
▪ Cultivo 2	1,263	1,263	1,263	1,263	.....	.....	.....	1,263
▪ Cultivo 3	2,798	2,798	2,798	2,798	.....	.....	.....	2,798
▪								

Elaboración propia.

Actividad 6: Estimación del costo total de producción. - Se calcula de la manera siguiente:

$$CTP = Area (ha) * Costo de producción por unidad de área (S/./ha)$$

Tabla 130. Costo Total de la producción (S/.) - Con proyecto - Ejemplo 1

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	año 10
Costo total de la Producción (S/.)	2,807,350	2,807,350	2,807,350	2,807,350			2,807,350
1era campaña							
▪ Cultivo 1	738,085	738,085	738,085	738,085	.....	.....	738,085
▪ Cultivo 2	1,092,562	1,092,562	1,092,562	1,092,562	.....	.....	1,092,562
▪ Cultivo 3							
▪							
2da Campaña							
▪ Cultivo 1	585,796	585,796	585,796	585,796	.....	.....	585,796
▪ Cultivo 2	37,183	37,183	37,183	37,183	.....	.....	37,183
▪ Cultivo 3	353,723	353,723	353,723	353,723	.....	.....	353,723
▪							

Elaboración propia.

Actividad 7: Estimación del Valor Neto de la Producción. - En la situación SIN PROYECTO, de la manera siguiente:

$$VNP_{SP} = VBP - CTP$$

Tabla 131. Valor Neto de la Producción - Con proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	año 10
Valor Neto de la Producción (S/.)	3,864,808	3,864,808	3,864,808	3,864,808			3,864,808
1era campaña							
▪ Cultivo 1	694,710	694,710	694,710	694,710	.....	.....	694,710
▪ Cultivo 2	2379,725	2379,725	2379,725	2379,725	.....	.....	2379,725
▪ Cultivo 3							
▪							
2da Campaña							
▪ Cultivo 1	601,071	601,071	601,071	601,071	.....	.....	601,071
▪ Cultivo 2	70,214	70,214	70,214	70,214	.....	.....	70,214
▪ Cultivo 3	119,088	119,088	119,088	119,088	.....	.....	119,088
▪							

Elaboración propia.

Tarea 2. Elaborar el flujo de beneficios sociales

Se elabora el flujo de beneficios para el horizonte de evaluación del proyecto.

Paso 4: Elaboración del flujo de beneficios sociales incrementales.

Para los beneficios sociales incrementales del proyecto se calcula el Incremental del Valor Actual Neto de la Producción (VANP), de la manera siguiente:

$$Beneficios\ incrementales = VNP_{CP} - VNP_{SP}$$

$$VANP = \sum_{t=0}^n \frac{(VNP_{CP} - VNP_{SP})_t}{(1 + TSD)^t}$$

Tabla 132. Valor Actual neto de la Producción - Con proyecto

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	.....	.....	año 10
Valor Actual Neto de la Producción (VANP)							
Con proyecto (VAN_{CP})	4,999,670	4,999,670	4,999,670	4,999,670			4,999,670
(-) Sin proyecto (VAN_{SP})	3,864,808	3,864,808	3,864,808	3,864,808			3,864,808
TOTAL (S/.)	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863			1,134,863
Factor de actualización	0.93	0.86	0.79	0.74			0.46
$VANP$ incremental (S/.)	1,050,799	972,962	900,891	834,158			525,661

Elaboración propia.

4.2 Costos Sociales

A diferencia de lo que sucede en la evaluación privada de un proyecto, en la que interesa conocer los egresos monetarios que éste genera, calculados a partir de la valorización de todos los factores de producción e insumos utilizados a precios de mercado; en la evaluación social, en cambio, interesa conocer el valor que tiene para la sociedad los factores de producción e insumos que se emplearán durante la ejecución y funcionamiento del proyecto (a ese valor se conocerá como el costo de oportunidad). Además, se debe identificar los costos que genera el proyecto en el resto de la sociedad.

Para la estimación de los costos sociales de cada alternativa se siguen los siguientes pasos:

Paso 1: Identificación de los costos sociales

En este primer paso se identifican los costos sociales del proyecto, tomando como referencia los costos directos en la ejecución del proyecto (los cuales son obtenidos a partir del presupuesto del proyecto y la aplicación de los factores de corrección), la identificación de externalidades e intangibles negativos que se hallan identificado en el análisis impacto ambiental abordado en el análisis técnico de la formulación del proyecto. Es importante que sobre la base del análisis de impacto ambiental se realice un listado de las externalidades y los intangibles negativos que se podrían generar con el proyecto e identificar a aquellos que puedan monetizarse.

En este contexto, los costos sociales incluyen los costos de inversión, operación y mantenimiento a precios sociales. La identificación de estos costos dependerá de la naturaleza de la intervención y la tipología del proyecto.

A modo de ejemplo, a continuación, se presentan las siguientes definiciones, considerando un caso en el que la naturaleza de la intervención corresponde a un *Mejoramiento* y la tipología del proyecto se enmarca en *Riego Tecnificado*. En este contexto, las definiciones de los elementos asociados al costo serían las siguientes:

- (i) Costos de Inversión: son los costos directos e indirectos que se empleará para la ejecución de todos los componentes para la provisión de agua para riego, planificados en el proyecto y deben ser distribuidos de acuerdo a sus factores de corrección a precios sociales. (Por ejemplo: Costo de Estructura de Captación, Costo de Canal de Conducción).
- (ii) Costos de reposición: En esta tipología del proyecto, se debe contemplar los costos de reposición de activos cada cinco (5) años, referido a equipamiento parcelario, dado que estos implementos deben mantener la estructura interna en perfecto estado de operatividad para cumplir la uniformidad de riego que se requiere en la aplicación. Estos costos están a cargo del usuario. (Por ejemplo: Costo de mangueras de goteros).
- (iii) Costos de Operación: Son los costos que se emplean principalmente para el personal, movilidad y equipos que brindan el servicio de provisión de agua de riego a cada uno de los usuarios durante el funcionamiento del sistema de riego; y para este caso se tiene que analizar en la situación actual (SIN PROYECTO) y en la situación post inversión (CON PROYECTO). (Por ejemplo: Pago de remuneración personal técnico del Operador Hidráulico. Pago de Servicios Públicos de la Oficina).
- (iv) Costos de Mantenimiento: Son los costos que se emplean para el mantenimiento de las infraestructuras y equipos comunes que se requiere para el óptimo servicio de provisión de agua de riego a cada uno de los usuarios durante la vida útil de la infraestructura hidráulica; y para este caso se tiene que analizar en la situación actual (SIN PROYECTO) y en la situación post inversión (CON PROYECTO). (Por ejemplo: Material de construcción para reparación de canales)

Paso 2: Estimación de los costos sociales en la situación con proyecto

Toma como punto de partida los flujos de costos a precios de mercado de inversión, operación, mantenimiento e inversiones previstas en la fase de Funcionamiento. Para la estimación de los costos sociales en la situación con proyecto se llevan a cabo cuatro (04) tareas que se muestra a continuación:

- **Tarea 1: Desagregar los costos de las acciones a precios de mercado por tipo de rubro**

Los costos que están a precios de mercado se desagregarán según los siguientes rubros, de ser el caso³³:

- Bienes y servicios importables (transables)

³³ Ver Anexo N° 11 Parámetros de evaluación social, de la directiva del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

- Bienes y servicios exportables (transables)
- Bienes y servicios no transables (no se exportan ni importan)
- Combustibles (según tipo)
- Divisa
- Mano de obra (calificada, semi calificada y no calificada)

Continuando con el ejemplo se desagrega los rubros para la estructura de captación, canal de conducción, uno de los activos del sistema, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 133. Desagregado del costo de inversión del proyecto de inversión

Acciones/Rubros	Costo Total a precios de mercado (Con IGV)	Incidencia
Construcción de Bocatoma	2,150,000.00	
Bienes Transables		3%
Bienes No Transables		62%
Mano de obra calificada		20%
Mano de obra no calificada		3%
Mano de obra semi calificada		5%
Combustible (Diesel)		7%
Construcción de canal principal	720,000.00	
Bienes Transables		3%
Bienes No Transables		62%
Mano de obra calificada		20%
Mano de obra no calificada		3%
Mano de obra semi calificada		5%
Combustible (Diesel)		7%
Construcción de canal de distribución	1,350,000.00	
Bienes Transables		3%
Bienes No Transables		62%
Mano de obra calificada		20%
Mano de obra no calificada		3%
Mano de obra semi calificada		5%
Combustible (Diesel)		7%
Construcción de obras de arte	55,000.00	
Bienes Transables		3%
Bienes No Transables		62%
Mano de obra calificada		20%
Mano de obra no calificada		3%
Mano de obra semi calificada		5%
Combustible (Diesel)		7%

Elaboración propia.

▪ **Tarea 2: Aplicación de factores de corrección (FC)**

Se debe aplicar los factores de corrección a los costos de inversión, operación, mantenimiento y de inversiones previstas en la fase de Funcionamiento, desagregados por rubros. En los casos que corresponda, se deben aplicar los parámetros de evaluación social establecidos por el ente rector del SNPMGI.

En la tabla anterior correspondiente a la tarea 1, se aplicaron los factores de corrección pertinentes a los costos a precios de mercado en cada rubro, de esta manera se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 134. Estimación del costo social de la inversión

Acciones/Rubros	Costo Total a precios de mercado (Con IGV)	Incidencia	Factor de Corrección	Costos a precios sociales (Soles)
Construcción de Bocatoma	2,150,000.00			1,758,033.50
Bienes Transables		3%	1.00	64,500.00
Bienes No Transables		62%	0.847	1,129,051.00
Mano de obra calificada		20%	0.8	344,000.00
Mano de obra no calificada		3%	0.62	39,990.00
Mano de obra semi calificada		5%	0.65	69,875.00
Combustible (Diesel)		7%	0.735	110,617.50
Construcción de canal principal	720,000.00			588,736.80
Bienes Transables		3%	1.00	21,600.00
Bienes No Transables		62%	0.847	378,100.80
Mano de obra calificada		20%	0.8	115,200.00
Mano de obra no calificada		3%	0.62	13,392.00
Mano de obra semi calificada		5%	0.65	23,400.00
Combustible (Diesel)		7%	0.735	37,044.00
Construcción de canal de distribución	1,350,000.00			1,103,881.50
Bienes Transables		3%	1.00	40,500.00
Bienes No Transables		62%	0.847	708,939.00
Mano de obra calificada		20%	0.8	216,000.00
Mano de obra no calificada		3%	0.62	25,110.00
Mano de obra semi calificada		5%	0.65	43,875.00
Combustible (Diesel)		7%	0.735	69,457.50
Construcción de obras de arte	55,000.00			44,972.95
Bienes Transables		3%	1.00	1,650.00
Bienes No Transables		62%	0.847	28,882.70
Mano de obra calificada		20%	0.8	8,800.00
Mano de obra no calificada		3%	0.62	1,023.00
Mano de obra semi calificada		5%	0.65	1,787.50
Combustible (Diesel)		7%	0.735	2,829.75

Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

En la siguiente tabla se muestra la estimación de los costos sociales de operación y mantenimiento para el PI.

Tabla 135. Estimación de costos sociales de O&M en la situación con proyecto

Insumos	Costos anuales a precios de mercado (Con IGV)	Factor de Corrección	Costos a precios sociales (Soles)	Sustento aplicación FC
Operación	38,400.00		30,655.20	
Personal técnico	14,400.00	0.8	11,520.00	Mano de obra calificada
Personal administrativo	16,800.00	0.8	13,440.00	Mano de obra calificada
Materiales e insumos	1,200.00	0.847	1,016.40	Bienes no transables
Servicios públicos	2,400.00	0.847	2,032.80	Bienes no transables
Combustible (Diesel)	3,600.00	0.735	2,646.00	Combustible
Mantenimiento	96,565.00		74,452.56	
Personal auxiliar	30,000.00	0.65	19,500.00	Mano de obra no calificada
Materiales	53,815.00	0.847	45,581.31	Bienes no transables
Combustible (Diesel)	12,750.00	0.735	9,371.25	Combustible
TOTAL	134,965.00		105,107.76	

Elaboración propia.

▪ Tarea 3: Estimación de costos sociales indirectos y externalidades negativas

El proyecto puede incurrir en costos sociales indirectos o externalidades negativas, tanto en la fase de Ejecución como en la de Funcionamiento, que no aparecen en los flujos de costos a precios de mercado. Estos costos se deben identificar a partir de los efectos indirectos del objetivo central del proyecto. En esta tarea corresponde identificar dichos costos y estimar su valor siempre que sea posible. La valorización de estos costos debe incluirse en el flujo de costos sociales.

▪ Tarea 4: Elaboración del flujo de costos sociales “con proyecto”

A partir de los costos sociales de inversión, operación, mantenimiento e inversiones previstas en la fase de Funcionamiento, se elaborarán los flujos de costos sociales para la situación «con proyecto». A continuación, se muestran los resultados del proceso seguido para la elaboración de los flujos de costos sociales (ver siguiente tabla)

Tabla 136. Flujo de costos a precios sociales con proyecto

Acciones	0	Año 1	Años 2-10
Fase de Ejecución	3,495,624.75		
Construcción de bocatoma	1,758,033.50		
Construcción de canal principal	588,736.80		

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Construcción de canal de distribución	1,103,881.50		
Construcción de obras de arte	44,972.95		
Fase de Funcionamiento		105,107.76	105,107.76
Costos de operación		30,655.20	30,655.20
Costos de mantenimiento		74,452.56	74,452.56
COSTOS TOTALES	3,495,624.75	105,107.76	105,107.76

Elaboración propia.

Paso 3: Estimación de los costos sociales en la situación sin proyecto

Se considera los costos en los que incurrirá la UP a futuro sin la intervención del proyecto o la situación optimizada. Para ello, se tendrá que basar en los flujos de costos a precios de mercado en la situación “sin proyecto” para la operación y mantenimiento. Estas tareas son similares a las desarrolladas en el paso 1.

Paso 4: Elaboración del flujo de los costos sociales incrementales

Los flujos de costos sociales incrementales se elaboran sobre la base de la comparación de los costos sociales en la situación con proyecto y en la situación sin proyecto.

A continuación, se muestra el flujo de los costos sociales incrementales suponiendo que los costos de inversión son los que se consignan en la Tarea 2 del Paso 2: Estimación de los costos sociales en la situación con proyecto

Tabla 137. Flujo de costos a precios sociales incrementales

A Ñ O	SITUACIÓN CON PROYECTO					SITUACIÓN SIN PROYECTO		CTI (A+B-C-D)
	Fase de Inversión (A)	Fase de Funcionamiento (B)				CO (C)	CM (D)	
		CIPF	CO	CM	Total			
0	3,495,624.75							3,495,624.75
1			30,655.20	74,452.56	105,107.76	21,920.20	48,072.56	35,115.00
2			30,655.20	74,452.56	105,107.76	21,920.20	48,072.56	35,115.00
3			30,655.20	74,452.56	105,107.76	21,920.20	48,072.56	35,115.00
4			30,655.20	74,452.56	105,107.76	21,920.20	48,072.56	35,115.00
5			30,655.20	74,452.56	105,107.76	21,920.20	48,072.56	35,115.00
6			30,655.20	74,452.56	105,107.76	21,920.20	48,072.56	35,115.00
7			30,655.20	74,452.56	105,107.76	21,920.20	48,072.56	35,115.00
8			30,655.20	74,452.56	105,107.76	21,920.20	48,072.56	35,115.00
9			30,655.20	74,452.56	105,107.76	21,920.20	48,072.56	35,115.00
10			30,655.20	74,452.56	105,107.76	21,920.20	48,072.56	35,115.00

Donde: CIPF= Costos de inversión previstos en la fase de funcionamiento (reposición de activos).

CO = Costos de operación, CM = Costos de mantenimiento, CTI = Costos Totales Incrementales.

Elaboración propia.

Recuadro 17: Calculo de los costos sociales de la Tipología de proyecto: Riego Tecnificado.

Paso 1: Identificación de los costos sociales

Identificamos los costos: el procedimiento es igual al caso de infraestructura de riego

- (i) Costos de Inversión. - son los costos directos e indirectos que se empleará para la ejecución de todos los componentes para la provisión de agua para riego, planificados en el proyecto y deben ser distribuidos de acuerdo a sus factores de corrección a precios sociales.
- (ii) Costos de reposición
En esta tipología del proyecto, se debe contemplar los costos de reposición de activos cada cinco (5) años, referido a equipamiento parcelario, dado que estos implementos deben mantener la estructura interna en perfecto estado de operatividad para cumplir la uniformidad de riego que se requiere en la aplicación. Estos costos están a cargo del usuario.
- (iii) Costos de Operación
Son los costos que se emplean principalmente para el personal, movilidad y equipos que brindan el servicio de provisión de agua de riego a cada uno de los usuarios durante el funcionamiento del sistema de riego; y para este caso se tiene que analizar en la situación actual (SIN PROYECTO) y en la situación post inversión (CON PROYECTO)
- (iv) Costos de Mantenimiento
Son los costos que se emplean para el mantenimiento de las infraestructuras y equipos comunes que se requiere para el óptimo servicio de provisión de agua de riego a cada uno de los usuarios durante la vida útil de la infraestructura hidráulica; y para este caso se tiene que analizar en la situación actual (SIN PROYECTO) y en la situación post inversión (CON PROYECTO)

Paso 2: Estimación de los costos sociales en la situación “con proyecto”

Tarea 1: Desagregamos los costos de las acciones a precio de mercado por tipo de rubro.

Similar al caso de infraestructura de riego, se desagrega los costos de las acciones según los rubros que correspondan:

- Bienes y servicios transables
- Bienes y servicios no transables
- Combustibles
- Divisas
- Mano de obra (calificada, semi calificada y no calificada)

Tarea 2: Aplicación de los factores de corrección (FC)

Se debe aplicar los factores de corrección a los costos de inversión, operación, mantenimiento y costos de reposición previstas en la fase de Funcionamiento, desagregados por rubros. (procedimiento similar al Ejemplo 1)

Tarea 3: Elaboración del flujo de costos sociales “con proyecto”

Para esta tipología de proyecto, el flujo de costos sociales incluye costos de inversión, operación, mantenimiento y costos de reposición; se recomienda cada cinco años.

Paso 3: Estimación de los costos sociales en la situación “sin proyecto”

Similar al descrito en el paso anterior

Paso 4: Elaboración del flujo de costos sociales incrementales

Estimación de los costos sociales incrementales de un proyecto de inversión

Tabla 138. Estructura del costo social incremental en un proyecto de tipología: Riego tecnificado

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	....	Año 5	.....	Año 10
(i) Costos de Inversión S/.	2,125,055						
(ii) Costos de reposición S/.					185,000		185,000
(iii) Costos de Operación S/.							
(-) Sin proyecto		-13,456	-13,456	.....	-13,456	.....	-13,456
Con proyecto		17,625	17,625	.....	17,625	.....	17,625
(iv) Costos de Mantenimiento S/.							
(-) Sin proyecto		-15,618	-15,618	.....	-15,618	.....	-15,618
Con proyecto		22,015	22,015	.....	22,015	.....	22,015
Costo Social Incremental (S/.)	2,125,055	10,566	10,566	.....	195,566	.....	195,566
Factor de actualización	1.0	0.93	0.86	.....	0.68	.....	0.46
VACSI S/.	2,125,055	9,783	9,059	.....	133,099	.....	90,585

Elaboración propia.

4.3 Estimación de Indicadores de Rentabilidad Social

Para la evaluación social de las tipologías de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado se debe aplicar la metodología Costo-Beneficio. Los flujos netos se deben traer al presente con la Tasa Social de Descuento (TSD), que representa el costo de oportunidad que incurre el país cuando utiliza recursos para financiar sus proyectos. La TSD transforma el valor actual de los flujos futuros de beneficios y costos de un proyecto en particular. La utilización de una única tasa de descuento permite la comparación del valor actual neto de los proyectos de inversión.

Metodología Costo-Beneficio

Con esta metodología se estima la rentabilidad social de un PI a partir de la comparación de los beneficios sociales con los costos sociales. Su aplicación determina si la alternativa propuesta genera una contribución suficiente al bienestar de la sociedad como un todo para justificar el gasto. Esta metodología se utiliza siempre que los beneficios sociales puedan valorizarse o expresarse en términos monetarios.

Los indicadores de rentabilidad social que se calculan en esta metodología son los siguientes:

- **Valor actual neto social (VANS)**

Refleja el valor, en soles de hoy o momento inicial (inicio del primer año del horizonte de evaluación), del conjunto de beneficios netos de cada una de las alternativas, es decir, de la diferencia entre los beneficios y los costos sociales; considerando la preferencia intertemporal expresada a través de la tasa social de descuento vigente en el Invierte.pe. Para calcular el VANS aplicamos la siguiente fórmula:

$$VANS = \sum_{t=0}^n \frac{(BSI - CSI)_t}{(1 + TSD)^t}$$

Donde:

BSI = Beneficio social incremental
 CSI = Costo social incremental
 n = Horizonte de evaluación del proyecto
 TSD = Tasa social de descuento

- **Tasa interna de retorno social (TIRS):**

Refleja la rentabilidad social promedio de una inversión. Operativamente, es la tasa de descuento que hace cero el valor del VANS, es decir:

$$VANS = \sum_{t=0}^n \frac{(BSI - CSI)_t}{(1 + TIRS)^t} = 0$$

Donde:

BSI = Beneficio social incremental
 CSI = Costo social incremental
 n = Horizonte de evaluación del proyecto

A continuación, se presenta un ejemplo para la estimación de los indicadores de rentabilidad social para un proyecto de infraestructura de riego.

Tabla 139. Flujo de un Proyecto de Inversión

Año	Costos sociales	Beneficios sociales	Flujos netos
0	3,495,624.75		-3,495,624.75
1	35,115.00	833,089.11	797,974.11
2	35,115.00	833,089.11	797,974.11
3	35,115.00	833,089.11	797,974.11
4	35,115.00	833,089.11	797,974.11
5	35,115.00	833,089.11	797,974.11
6	35,115.00	833,089.11	797,974.11
7	35,115.00	833,089.11	797,974.11
8	35,115.00	833,089.11	797,974.11
9	35,115.00	833,089.11	797,974.11
10	35,115.00	833,089.11	797,974.11

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Año	Costos sociales	Beneficios sociales	Flujos netos
VANS_{8%}			1,858,846.48
TIR			9.93%

Elaboración propia.

Para el cálculo de los indicadores de rentabilidad social del proyecto de inversión, se realiza el flujo de caja a precios sociales de cada una de las alternativas identificadas. Y para proyectos de riego se ha establecido aplicar la metodología Costo-Beneficio.

A continuación, presentamos ejemplos vinculados a la estimación de los indicadores de rentabilidad del proyecto de riego en las tipologías de infraestructura de riego y riego tecnificado.

Recuadro 18: Naturaleza de intervención: Mejoramiento, Tipología de proyecto: Infraestructura de riego.

Para este tipo de proyectos analizaremos el flujo de caja a precios sociales.

Tabla 140. Flujo de caja a precios sociales - Mejoramiento

Concepto	PROGRAMACIÓN ANUAL										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor Neto de la Producción Increment.(2)		1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863
VNP con proyecto		4,999,670	4,999,670	4,999,670	4,999,670	4,999,670	4,999,670	4,999,670	4,999,670	4,999,670	4,999,670
(-) VNP sin proyecto		3,864,808	3,864,808	3,864,808	3,864,808	3,864,808	3,864,808	3,864,808	3,864,808	3,864,808	3,864,808
Beneficio Social Incremental (S/.)		1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863	1,134,863
Costos de inversión	5 530,636										
Costos de reversión											
Costos de operación incremental	0	-16,741	-16,741	-16,741	-16,741	-16,741	-16,741	-16,741	-16,741	-16,741	-16,741
Costos de mantenimiento incremental	0	-13,603	-13,603	-13,603	-13,603	-13,603	-13,603	-13,603	-13,603	-13,603	-13,603
Costos Social Incremental (3)	5 530,636	-30,344	-30,344	-30,344	-30,344	-30,344	-30,344	-30,344	-30,344	-30,344	-30,344
FLUJO NETO = ((1+2)-(3)) (4)	-5530636	1165207	1165207	1165207	1165207	1165207	1165207	1165207	1165207	1165207	1165207

EVALUACIÓN ECONOMICA			
Indicadores de rentabilidad económica	VANS (S/.)	TIRS %	B/C
Resultados de Rentabilidad	2,287,996	16.5%	1.43

Elaboración propia.

4.4 Análisis de Incertidumbre

Los factores que introducen incertidumbre en la evaluación económica de un proyecto de inversión afectan al cálculo del VAN al menos de tres formas distintas, las cuales no son excluyentes entre sí:

- En primer lugar, puede existir incertidumbre sobre los costos de inversión y de funcionamiento.
- Un segundo efecto de la incertidumbre sobre el cálculo del VAN procede del cómputo de los beneficios. En este caso, suele tratarse de una incertidumbre de demanda.
- Finalmente, existe una tercera fuente de incertidumbre, de tipo metodológico, referida a la dificultad de predecir con certeza los equilibrios con y sin proyecto y al propio cómputo de determinadas variables.

Este análisis debe permitir identificar los cambios que pueden alterar la selección de alternativas o establecer los valores límite que pueden alcanzar las variables relevantes sin que el PI deje de ser rentable.

A continuación, se presentan los pasos a seguir para realizar el análisis de sensibilidad.

Paso 1: Análisis de sensibilidad

Al elaborar el documento técnico se asume algunos supuestos sobre el comportamiento de las variables. Por esta razón es necesario identificar las variables sobre las cuales se tenga mayor incertidumbre acerca de su comportamiento, o cuyas variaciones puedan incidir sustantivamente en la rentabilidad social del PI. Es importante desarrollar un rango esperado de variación razonable de acuerdo con la naturaleza de la variable, el mismo que no debe ser fijado de manera arbitraria.

Para las tipologías de infraestructura de riego y riego tecnificado las variables con mayor incertidumbre sobre el cual se interviene para las que se recomienda efectuar el análisis de sensibilidad, son las siguientes:

- Hectáreas cultivables
- Consumo de agua por hectárea según cultivos,
- Precios de la producción agrícola,
- Costos de inversión y de O&M.

Cada valor que toma una variable tiene un impacto sobre el valor del VAN (variable de resultado). Esta correlación o sensibilidad a la variable de resultado puede acumularse para obtener la “variación explicada acumulada” que es el orden de las variables más sensibles, de mayor a menor.

Posteriormente, se calcula nuevamente los indicadores de rentabilidad social, incorporando en los flujos de beneficios o costos sociales los cambios generados por las modificaciones en las variables identificadas, de tal manera que sea posible determinar

las variables críticas que afectan sustancialmente la rentabilidad social del proyecto. Para tal efecto, se establece los límites de variaciones que puede resistir el proyecto para que siga siendo rentable, o para que la alternativa seleccionada siga siendo la recomendada.

De los resultados del análisis de sensibilidad se determinan las variables que inciden en mayor grado sobre la variabilidad en el resultado del proyecto, VANS o TIRS. En consecuencia, será recomendable obtener más información sobre el comportamiento de dichas variables.

El análisis de sensibilidad antes indicado es multidimensional, el cual se basa en modificaciones de múltiples variables (de costo, demanda, etc.) y determina la variación de la rentabilidad social por efecto de la modificación de dos o más variables. Esta metodología es recomendable en proyectos en los cuales se aprecian con mayor intensidad los riesgos, tales como los proyectos de alta complejidad.

En los proyectos de riego se identifican varias variables con mayor incertidumbre que podrían afectar la condición de rentabilidad social o la selección de alternativas.

- 1) Incertidumbre sobre la Inversión
- 2) Incertidumbre sobre el precio del producto agrícola
- 3) Incertidumbre sobre las áreas irrigadas
- 4) Incertidumbre sobre los rendimientos de los cultivos
- 5) Incertidumbre sobre los costos de producción

Tabla 141. Análisis de sensibilidad

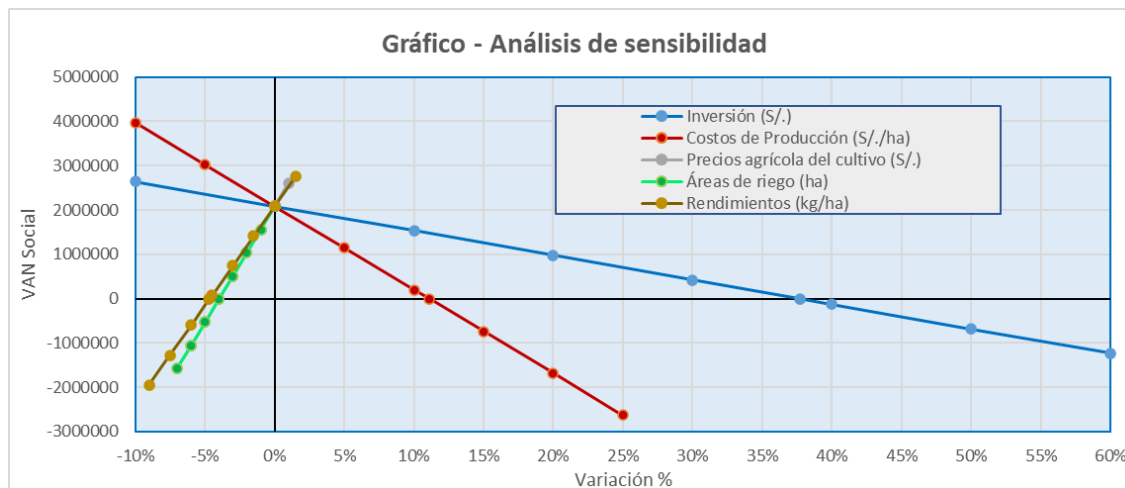
Inversión (S/.)		Costos de Producción (S./ha)		Precios del producto (S/.)		Áreas de riego (ha)		Rendimientos (kg/ha)	
Variación	VANs S/.	Variación	VANs S/.	Variación	VANs S/.	Variación	VANs S/.	Variación	VANs S/.
+60%	-1 233 997	+25%	-2 625 001	-7%	-1 582 617	-7%	-1 582 617	-9.0%	-1 944 980
+50%	-680 933	+20%	-1 683 124	-6%	-1 058 760	-6%	-1 058 760	-7.5%	-1 273 419
+40%	-127 870	+15%	-741 247	-5%	-534 902	-5%	-534 902	-6.0%	-601 858
+37.7%	0	+11.1%	0	-4%	0	-4%	0	-4.7%	0
+30%	425 194	+10%	200 630	-3%	512 813	-3%	512 813	-4.5%	69 702
+20%	978 258	+5%	1 142 508	-2%	1 036 670	-2%	1 036 670	-3.0%	741 263
+10%	1 531 321	0%	2 084 385	-1%	1 560 527	-1%	1 560 527	-1.5%	1 412 824
0%	2 084 385	-5%	3 026 262	0%	2 084 385	0%	2 084 385	0%	2 084 385
-10%	2 637 448	-10%	3 968 139	+1%	2 608 242			+1.5%	2 755 946

Elaboración propia.

El gráfico nos muestra que el proyecto es sensible al “precios agrícolas del cultivo” y al “área de riego”, dado que tienen mayor pendiente y con pequeña variación en los

porcentajes de estas variables, el VAN Social se incrementa o disminuye considerablemente.

Gráfico 59. Pasos para el análisis de sensibilidad



Elaboración propia.

Paso 2: Análisis de riesgos

A continuación, se deberá indagar más sobre el comportamiento de las variables críticas y acerca de la probabilidad de que varíen por encima de los límites explorados, con el fin de revisar qué factores pueden ocasionar que esas variables no se comporten de acuerdo con lo esperado. Se identifica así el nivel de riesgo y se proponen las medidas para mitigarlo, en caso corresponda.

Para el análisis de riesgo se propone las siguientes tareas.

▪ Tarea 1: Identificación de variables sensibles

En primer lugar, es necesario identificar las variables en las que el evaluador sitúa la incertidumbre (sea ésta propia del proyecto o externa al mismo). La lista puede ser amplia: tasas de crecimiento de la demanda, valores de costes, parámetros del modelo, etc.

▪ Tarea 2: Modelización

A continuación, el evaluador debe – con la mejor información disponible y la consulta a técnicos y especialistas – determinar los valores extremos de dichas variables (máximos, mínimos) y caracterizar en lo posible sus distribuciones de probabilidad (media, moda, varianza). Un elemento adicional importante es determinar el grado de correlación existente entre las variables, el cual debe basarse en criterios técnicos y económicos.

▪ Tarea 3: Distribución de probabilidad del VAN

Consiste en el cálculo de la distribución de probabilidad del VAN, a partir de la extracción de un número suficientemente elevado de posibles valores de cada una de las variables aleatorias que lo integran.

▪ **Tarea 4: Decisión**

Finalmente, una vez cumplidos los pasos anteriores, puede adoptarse la decisión. La mejor alternativa para el decisor es aquella que tenga el mayor valor esperado de la variable resultado.

Recuadro 19: Análisis de incertidumbre

Tarea 1: Identificación de variables sensibles

Una de las variables con mayor incertidumbre, identificamos la variación de precios de los productos, que tiene una mayor incidencia en la variación del VANS.

Tarea 2: Modelización

Determinamos los cultivos más sensibles; identificados como la papa y el frijol. Y para establecer los valores máximos y mínimos se analiza la data histórica de los precios de los últimos 10 años (data MINAGRI), y se recomienda utilizar algún programa (CrystalBall; @Risk, entre otros) para realizar un pronóstico de precios a futuro en los años siguientes con un intervalo de confianza de 5% y 95%.

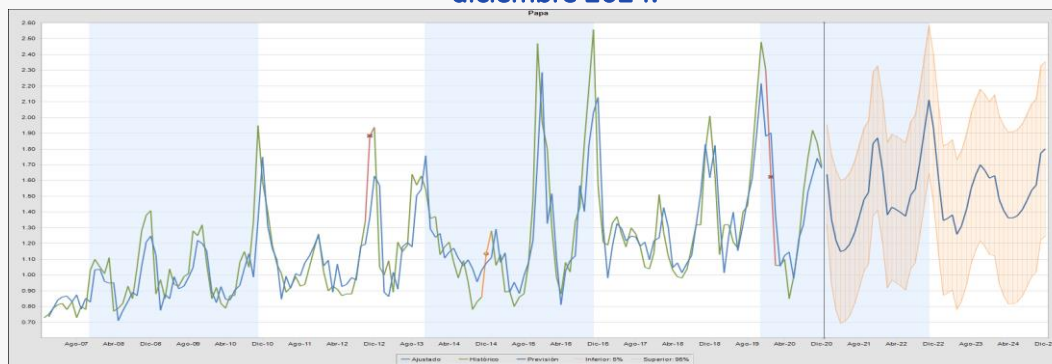
Tabla 142. Rango de variación del precio de los productos (S/.)

Cultivos	Valor mínimo	Valor máximo	Valor esperado
Maíz Amiláceo	S/.2.25	S/.2.75	S/2.50
Papa	S/.0.82	S/.1.50	S/1.20
Frijol	S/.4.37	S/.5.08	S/4.50
Palta	S/.2.88	S/.3.52	S/3.20

Elaboración propia.

Análisis: en los cuatro años siguientes, se obtiene que el precio de la papa podría tener un valor máximo de 24.8% más del valor actual y valor mínimo de hasta 31.9% menor al valor actual, el cual podría darse por la alta volatilidad que ha mostrado en los últimos años.

Gráfico 60. Precios proyectados de la papa valores máximos y mínimo enero del 2021-diciembre 2024.



Fuente: Mercados Mayoristas de Lima Metropolitana, MIDAGRI-DGESEP-DEA-Área de comercio interno – Elaboración propia.

De la misma forma se ha analizado el cultivo del frijol, que se pronostica que los cuatro años siguientes se puede obtener un valor máximo de 12.9% más del valor actual y valor mínimo de hasta 2.9% menor del valor actual, el cual podría darse por la tendencia creciente de los últimos años

Gráfico 61. Precios proyectados del frijol valores máximos y mínimo enero del 2021- diciembre 2024

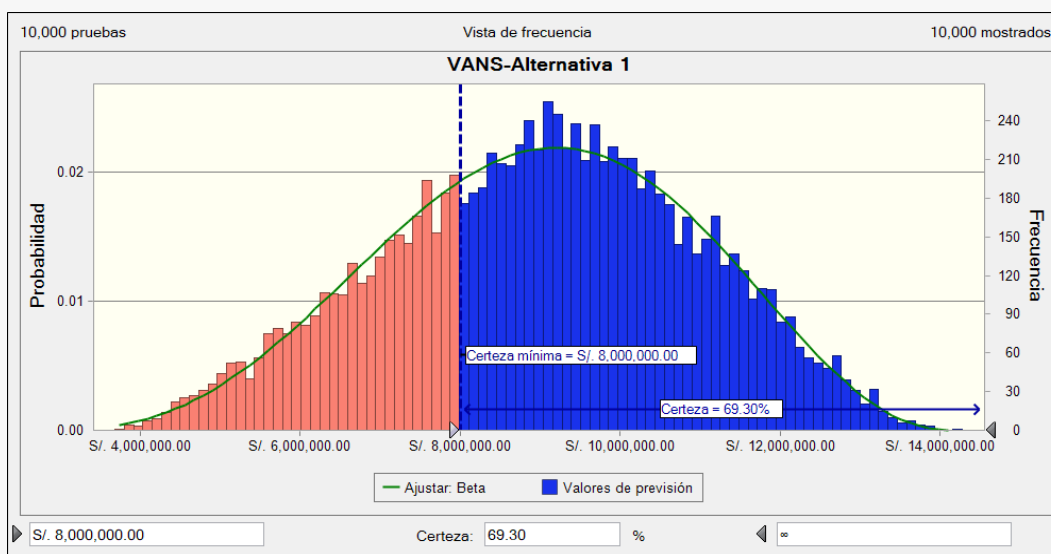


Fuente: Mercados Mayoristas de Lima Metropolitana, MIDAGRI-DGESEP-DEA-Área de Comercio interno - Elaboración propia.

Tarea 3: Distribución de probabilidad del VANS

En el gráfico se muestra el cálculo de la distribución de probabilidad del VANS para la alternativa analizada donde se ha realizado 10000 simulaciones y en el 69.3% de casos el VANS es positivo.

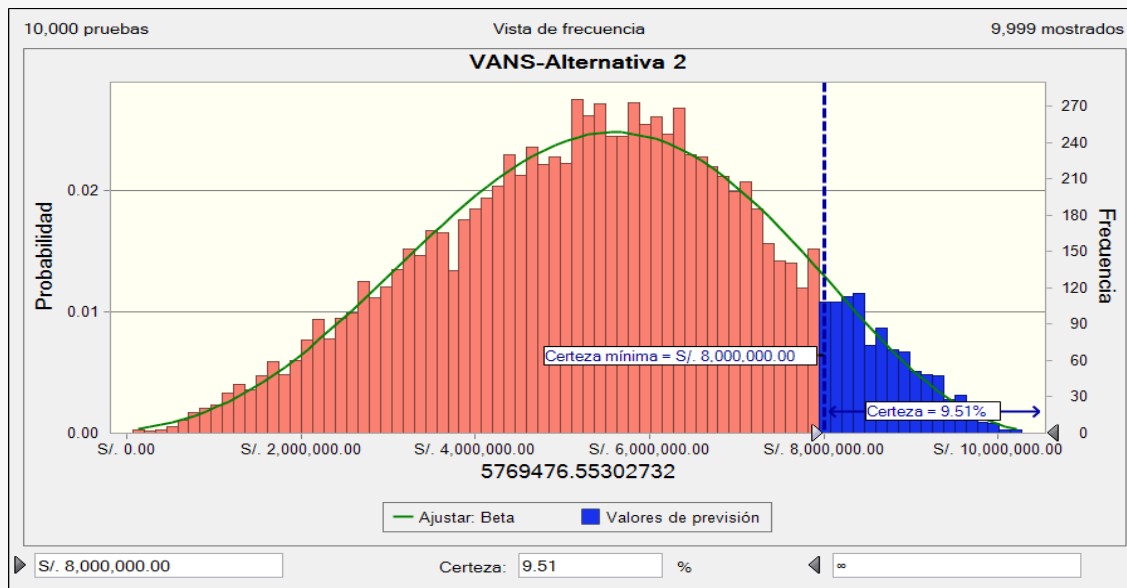
Gráfico 62. Análisis de riesgo probabilístico del VANS – Alternativa 1



Elaboración propia.

En el gráfico, se muestra el cálculo de la distribución de probabilidad del VANS para la alternativa analizada donde se ha realizado 10000 simulaciones y en el 9.51% de casos el VANS es positivo.

Gráfico 63. Análisis de riesgo probabilístico del VANS – Alternativa 2



Elaboración propia.

Tarea 4: Decisión

Para proceder a adoptar la mejor decisión, se debe elegir la alternativa que tenga el mayor valor esperado, en nuestro caso seleccionamos la alternativa 1.

Evaluación privada

La evaluación privada deberá efectuarse para aquellos proyectos de inversión que su naturaleza es CREACIÓN, dado que la provisión del servicio de agua que se brindará al usuario; tiene que ser autosostenible durante su vida útil y debe generar ingresos monetarios (A través del cobro de tarifas, cuotas, entre otros) por la prestación del servicio público sujeto de intervención. Contempla el análisis de flujos de caja (ingresos y egresos) desde el punto de vista de la institución (entidad o empresa pública) responsable de la ejecución y operación del proyecto, con el objeto de determinar su grado de autosostenibilidad y/o hasta qué punto tendrá que ser financiado con recursos públicos, sujeto a que el proyecto sea socialmente rentable.

En el caso en el que el sector privado participe en la ejecución de los proyectos y/o en su funcionamiento (como el caso de asociaciones público privada, se deberá realizar la evaluación de la rentabilidad desde el punto de vista privado. Esta evaluación puede ser económica (sin considerar fuentes y características del financiamiento) y financiera, considerando participación y condiciones del financiamiento posible de obtener.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

En tal sentido, se deberá elaborar el flujo de ingresos y egresos, expresados a precios de mercado, para las alternativas analizadas, considerando que los ingresos para la evaluación privada —derivados de la venta de bienes o servicios públicos— no son iguales a los beneficios estimados para la evaluación social.

Consecuentemente, se deberá estimar el VAN y la TIR, utilizando como tasa de descuento el costo de oportunidad que estime la entidad pública que promueve el proyecto; cabe precisar que dicha tasa no es equivalente a la tasa social de descuento.

En ese contexto a continuación presentamos ejemplo de la evaluación privada para un proyecto de riego.

Recuadro 20: Evaluación privada -Naturaleza de intervención: Creación, Tipología de proyecto: Infraestructura de riego.

Tabla 143. Flujo de caja a precios privados - Creación

Concepto	PROGRAMACIÓN ANUAL										
	(0-5) años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos incrementales del proyecto (1)		633.9	507.8	400.7	255.6	699.5	699.5	699.5	699.5	699.5	699.5
Venta de agua para riego (millones de S/.)		25.9	51.8	77.7	103.6	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
Venta de terrenos (millones de S/.)		570	380	209							
Venta de energía (millones de S/.)		38	76	114	152	570	570	570	570	570	570
Ingresos por Tributación privada		152.00	304.00	456.00	608.00	760.00	760.00	760.00	760.00	760.00	760.00
Impuestos generados por la inversión privada		152.00	304.00	456.00	608.00	760.00	760.00	760.00	760.00	760.00	760.00
Ingresos totales (millones S/.)		785.90	811.80	856.70	863.60	1,459.50	1,459.50	1,459.50	1,459.50	1,459.50	1,459.50
Costos de inversión	4,792.00										
Costos de operación incremental	0	10.67	21.33	32.00	42.67	53.34	53.34	53.34	53.34	53.34	53.34
Costos de mantenimiento incremental	0	13.88	27.75	41.63	55.51	69.38	69.38	69.38	69.38	69.38	69.38
Costos por externalidades	0	59.00	59.00	59.00							
Costos Social Incremental (3)	4,792.00	83.54	108.09	132.63	98.18	122.72	122.72	122.72	122.72	122.72	122.72
FLUJO NETO = ((1+2)-(3)) (4)	4,792.00	702.36	703.71	724.07	765.42	1,336.78	1,336.78	1,336.78	1,336.78	1,336.78	1,336.78

EVALUACIÓN ECONOMICA PRIVADA			
Indicadores de rentabilidad económica	VAN (millones de S/.)	TIR %	B/C
Resultados de Rentabilidad	2,141.36	15.73%	1.4

Elaboración propia.

Análisis de Sostenibilidad

La sostenibilidad es la capacidad para producir los bienes y servicios previstos, de manera ininterrumpida a lo largo de su vida útil. Son diversos los factores que pueden afectar la sostenibilidad del proyecto. La tabla siguiente muestra una lista de verificación de las medidas necesarias consideradas en la formulación y evaluación del proyecto para preservar la sostenibilidad de este.

Tabla 144. Análisis de sostenibilidad

Medidas	Sección del documento técnico donde se desarrollará	Se cumple (Marcar con una X)
Disponibilidad oportuna de recursos para la O&M	Gestión del proyecto.	
Disponibilidad oportuna de factores para las inversiones en fase de Funcionamiento, según fuente de financiamiento	Gestión del proyecto.	
Organización y gestión en la fase de Ejecución	Gestión del proyecto y costos.	
Organización y gestión en la fase de Funcionamiento	Gestión del proyecto y costos.	
Arreglos institucionales	Gestión del proyecto.	
Disponibilidad de factores y activos	Análisis técnico de las alternativas y costos.	
Uso eficiente de los bienes o servicios del PI por parte de los usuarios	Planteamiento del proyecto, análisis técnico de las alternativas y costos.	
Capacidad y disposición a pagar de los usuarios	Diagnóstico de involucrados y gestión del proyecto.	
Conflictos sociales	Diagnóstico de involucrados, impacto ambiental, gestión del proyecto y costos	
Capacidad para adecuación a cambios tecnológicos	Análisis técnico de las alternativas y costos.	
Desastres y efectos del cambio climático	Se desarrolla de manera transversal en los módulos identificación formulación y evaluación en los acápites gestión del proyecto) y costos.	
Efectos del cambio climático	Se desarrolla en forma transversal en los módulos identificación y formulación y en el acápite costos.	
Disponibilidad de terrenos, permisos, licencias, autorizaciones y otros	Gestión del proyecto y costos.	

Elaboración propia.

4.5 Análisis de la sostenibilidad financiera

Un aspecto particularmente importante de la sostenibilidad es analizar la capacidad financiera del proyecto de cubrir sus costos de operación y mantenimiento.

Para las tipologías de infraestructura de riego y riego tecnificado, este análisis se deberá basar en la estimación de la tarifa de equilibrio, valor de que deberá cubrir los costos a precios privados de operación y mantenimiento en la situación con proyecto. A continuación, en la siguiente tabla se presenta un ejemplo de estimación de tarifa.

Tabla 145. Estimación de tarifa de equilibrio en un proyecto de inversión

Año	Ingresos por venta			Egresos		Factor de actualización	Flujo Netos (S/)
	Volumen vendido (m³)	Factor de recaudación	Tarifa (soles/m³)	Costos de operación	Costos de Mante.		
0							
1	58,160,259.87	1.00	0.002321	38,400.00	96,565.0	0.93	0.00
2	58,160,259.87	1.00	0.002321	38,400.00	96,565.0	0.86	0.00
3	58,160,259.87	1.00	0.002321	38,400.00	96,565.0	0.79	0.00
4	58,160,259.87	1.00	0.002321	38,400.00	96,565.0	0.74	0.00
5	58,160,259.87	1.00	0.002321	38,400.00	96,565.0	0.68	0.00
6	58,160,259.87	1.00	0.002321	38,400.00	96,565.0	0.63	0.00
7	58,160,259.87	1.00	0.002321	38,400.00	96,565.0	0.58	0.00
8	58,160,259.87	1.00	0.002321	38,400.00	96,565.0	0.54	0.00
9	58,160,259.87	1.00	0.002321	38,400.00	96,565.0	0.50	0.00
10	58,160,259.87	1.00	0.002321	38,400.00	96,565.0	0.46	0.00

Elaboración propia.

El valor de tarifa estimado se deberá comparar con la tarifa aprobada por la Autoridad Nacional del Agua para el bloque de riego o sistema de riego, en caso de que esta sea mayor, se deberá realizar la socialización de la nueva tarifa y asegurar que los usuarios del servicio pueden cubrir dicha tarifa, asimismo se deberá solicitar al operador hidráulico inicie los trámites de aprobación de la nueva tarifa.

Financiamiento de la inversión del proyecto

En este acápite se explica el financiamiento previsto del presupuesto de inversión del proyecto, identificándose todas las fuentes de financiamiento previstas para ejecutar las inversiones. Entre las fuentes de financiamiento público de un PI están: los Recursos Ordinarios (RO), Recursos Determinados (RD), Recursos por Operaciones Oficiales de Crédito (ROOC), Donaciones y Transferencias (DT) y Recursos Directamente Recaudados (RDR).

Esta sección tiene por objetivo determinar la disponibilidad de las fuentes identificadas para cubrir los costos de inversión teniendo en cuenta el cronograma de ejecución. En

base al resultado se especifican las fuentes de financiamiento previstas y su participación relativa en el monto de inversión.

Matriz del Marco Lógico

4.6 Consideraciones básicas

Es una herramienta que resume la información esencial de la coherencia y consistencia de un proyecto. Su estructura muestra los distintos niveles de objetivos del proyecto en 4 filas. Se muestra también la información narrativa de los distintos niveles de objetivos del proyecto con sus correspondientes indicadores, medios de verificación y supuestos, en 4 columnas (ver siguiente tabla).

Tabla 146. Matriz de Marco Lógico

	Enunciado del objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin				
Propósito				
Componentes				
Acciones				

Elaboración propia.

En la fase de Formulación y Evaluación, la elaboración de la MML permite:

- Verificar la lógica causal en la definición del PI (módulo de identificación), a partir del análisis de la correspondencia entre los distintos niveles de objetivos.
- Revisar que se hayan definido los indicadores, con sus atributos de cantidad, calidad, tiempo y beneficiario (módulos de formulación y evaluación).

En la fase de Ejecución, la MML es una herramienta que facilita la evaluación en cualquier momento durante la ejecución del proyecto. Examina la evolución del logro de los objetivos en cuanto a acciones y componentes, con los indicadores asociados a estos.

La evaluación permite:

- Conocer cómo está progresando la intervención en términos de plazos, costos y metas físicas, de acuerdo con lo planificado en el documento técnico viable.
- Identificar posibles problemas de ejecución.
- Apoyar la toma de decisiones sobre ajustes en la ejecución del proyecto, de acuerdo con la conveniencia.

La MML es una herramienta muy útil para el seguimiento y monitoreo de los proyectos con el fin de anticiparse a problemas en la ejecución y al logro de las metas físicas establecidas para la fase de Ejecución y, de ser el caso, plantear las acciones correctivas.

En la fase de Funcionamiento, la MML es una herramienta básica para la evaluación ex post. A partir de la MML será posible evaluar si se han logrado los distintos niveles de

objetivos mediante la aplicación de cinco criterios: pertinencia, eficiencia, eficacia, impacto/sostenibilidad y sostenibilidad.

En el diseño del marco lógico del proyecto de riego, resulta fundamental consignar como meta la cantidad de hectáreas de superficie a intervenir, ya que este indicador permite reflejar de manera concreta el alcance físico de la inversión. Esta meta debe estar alineada con el objetivo específico del proyecto y facilitar tanto el seguimiento como la evaluación de los resultados esperados.

4.7 Elaboración de la Matriz del Marco Lógico

En las siguientes tablas se presenta un ejemplo para la elaboración de la Matriz de Marco Lógico.

Tabla 147. Resumen de objetivos de la Matriz de Marco Lógico

Objetivo	Resumen
Fin	La actividad agrícola se fortalece.
Propósito	La población del sector de riego comité 11, canal lateral 18 accede de manera adecuada al servicio de provisión de agua para riego en sus terrenos de producción agrícolas.
Componente	1. La población del sector de riego comité 11, canal lateral 18 tiene suficiente disponibilidad de agua para riego 2. Se mejora la eficiencia de la gestión de agua para riego
Acciones	<u>Componente 1:</u> Construcción de una estructura de captación de agua superficial Construcción de canal de conducción Construcción de canal de construcción Construcción de obras de arte Reforzamiento estructural de canoas y muros de protección <u>Componente 2:</u> Implementación de capacidades a los directivos de la organización de usuarios en gestión. Implementación de capacidades al personal técnico y administrativo de la organización de usuarios en gestión. Implementación de capacidades al personal técnico en temas de operación y mantenimiento de la infraestructura de riego. Implementación de capacidades al personal directivo del operador hidráulica referente a la respuesta ante la interrupción del servicio. Implementación de capacidades al personal técnico del operador hidráulica referente a la respuesta ante la interrupción del servicio.

Elaboración propia.

Tabla 148. Construcción de metas de cantidad, calidad y tiempo

Objetivo	Indicador	Metas de cantidad, calidad y tiempo
Fin	Incremento del ingreso neto de la producción	El ingreso neto de la producción de los productores es de 3.86 millones de soles y se incrementará a 4.99 millones de soles, al primer año de entrada en funcionamiento del proyecto
Propósito	Cobertura del déficit de agua para riego	2041.53 ha regadas en el momento oportuno para cubrir 4.34 hm ³ de déficit de agua para la demanda, a partir del primer año de operación del proyecto
Componentes	Pérdidas de agua por filtración	Las pérdidas de agua del canal por filtraciones disminuyen de 917.7 l/m ² /día a 50 l/m ² /día al primer año de funcionamiento.
	Porcentaje de recaudación de tarifa	Se incrementa en 20% la recaudación de la tarifa de agua para riego en el primer año de funcionamiento.
Acciones	Costo de ejecución	Las acciones se ejecutarán durante ocho meses, y tiene un presupuesto de S/.6,929,225, a precios privados

Elaboración propia.

Tabla 149. Definición de medios de verificación para la Matriz de Marco Lógico

Nivel	Indicador	Medio de verificación
Fin	El ingreso neto de la producción de los productores es de 3.86 millones de soles y se incrementará a 4.99 millones de soles, al primer año de entrada en funcionamiento del proyecto	- Encuestas a los agricultores sobre niveles de ingresos de la actividad agrícola. - Encuesta sobre condiciones socioeconómicas.
Propósito	2041.53 ha regadas en el momento oportuno para cubrir 4.34 hm ³ de déficit de agua para la demanda, a partir del primer año de operación del proyecto	- Estadísticas del operador de infraestructura hidráulica (Junta de usuarios). - Informe de la administración local del agua.
Componentes	Las pérdidas de agua del canal por filtraciones disminuyen de 917.7 l/m ² /día a 50 l/m ² /día al primer año de funcionamiento. Se incrementa en 20% la recaudación de la tarifa de agua para riego en el primer año de funcionamiento.	Estadísticas del operador de infraestructura hidráulica (Junta de usuarios). Informes post-inversión de la Unidad Ejecutora de Inversiones

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Nivel	Indicador	Medio de verificación
Acciones	Las acciones se ejecutarán durante ocho meses, y tiene un presupuesto de S/.6,929,225, a precios privados	- Expediente técnico. - Acta de inicio de Obra. - Reportes e informes de la Entidad Ejecutora. - Informe de supervisión. - Acta de Fin de Obra y Transparencia a usuarios. - Liquidación física y financiera de la Obra. - Cierre del proyecto.

Elaboración propia.

Respecto a los supuestos, se deben cumplir con los siguientes atributos:

- Ser un factor de riesgo externo. No es controlable por la UE o el operador.
- Ser determinante para el éxito del PI. El cumplimiento del supuesto es esencial para el logro del objetivo del siguiente nivel.
- Que tenga una probabilidad media de ocurrencia. Existe la posibilidad de que el supuesto se cumpla. Si la probabilidad es baja o es improbable que se cumpla debería revisarse si puede reformularse el proyecto introduciendo cambios para que no dependa del factor, si no fuese posible deberá rechazarse.

En la siguiente tabla se presenta un ejemplo de definición de supuestos:

Tabla 150. Definición de supuestos de la Matriz de Marco Lógico

Nivel	Indicador	Supuestos
Fin	El ingreso neto de la producción de los productores es de 3.86 millones de soles y se incrementará a 4.99 millones de soles, al primer año de entrada en funcionamiento del proyecto	
Propósito	2041.53 ha regadas en el momento oportuno para cubrir 4.34 hm ³ de déficit de agua para la demanda, a partir del primer año de operación del proyecto	El operador hidráulico (organización de usuarios) cumple con el plan anual de riego y los usuarios cumplen con pagar la Tarifa de agua.
Componentes	Las pérdidas de agua del canal por filtraciones disminuyen de 917.7 l/m ² /día a 50 l/m ² /día al primer año de funcionamiento. Se incrementa en 20% la recaudación de la tarifa de agua para riego en el primer año de funcionamiento.	Los operadores y usuarios participan activamente en el proceso de ejecución y capacitación proyecto
Acciones	Las acciones se ejecutarán durante ocho meses, y tiene un presupuesto de S/.6,929,225, a precios privados	Se cumple con el cronograma y planificación presupuestal de la Unidad Ejecutora de Inversiones.

Elaboración propia.

A continuación, se presentan ejemplos de la Matriz de Marco Lógico de un proyecto de riego para la naturaleza de mejoramiento y creación.

Recuadro 21: Matriz de marco lógico - Naturaleza de proyecto: Mejoramiento

Tabla 151. Matriz del Marco Lógico - Ejemplo 1

	Nivel de objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Mejora de las condiciones socioeconómicas de los usuarios del servicio de agua para riego	El ingreso neto de la producción de los productores es de 3.86 millones de soles y se incrementará a 4.99 millones de soles, al primer año de entrada en funcionamiento del proyecto.	- Encuestas a los agricultores sobre niveles de ingresos de la actividad agrícola. - Encuesta sobre condiciones socioeconómicas.	Los indicadores económicos del país se mantienen estables.
Pro pósi to	Eficiente Servicio de Provisión de Agua para riego	2041.53 ha regadas en el momento oportuno para cubrir 4.34 hm ³ de déficit de agua para la demanda, a partir del primer año de operación del proyecto.	- Estadísticas del operador de infraestructura hidráulica (Junta de usuarios). - Informe de la administración local del agua.	La organización de usuarios cumple con el plan anual de riego y los usuarios cumplen con pagar la Tarifa de agua.
Co mpo nent es	Suficiente disponibilidad de agua para riego	Las pérdidas de agua del canal mejorado disminuyen las filtraciones de 917.7 l/m ² /día a 50 l/m ² /día. Con el mejoramiento del canal se incrementaría al servicio en 2.12 Hm ³ de agua anualmente.	Estadísticas del operador de infraestructura hidráulica (Junta de usuarios). Informes post-inversión de la Unidad Ejecutora.	- Los operadores y usuarios participan activamente en el proceso de ejecución y capacitación proyecto
	Eficiente gestión en la distribución del agua para riego	Con el mejoramiento de la infraestructura de distribución tomas, medidores y capacitaciones a los operadores de riego, se incrementa el servicio en 2.03 Hm ³ /año.		

**A
c
c
i
o
n
e
s**

- 1.3 Revestimiento de muros y piso de canal de conducción con concreto 210 kg/cm², e= 0.1m, una longitud de 2.42 km.
- 1.4 Construcción de dos caídas de concreto armado f'c= 210 kg/cm².
- 2.1 Construcción de dos pozas disipadoras de concreto armado f'c= 210 kg/cm².
- 3.1 Instalación de 10 medidores y compuertas de control de caudal
- 3.2 Capacitación a 16 operadores del sistema de riego.

- 1.1 Las acciones se ejecutarán durante ocho meses, y tiene un presupuesto de S/.6 929,225, a precios privados.

Inversión	5 050,520
▪ Costo Directo (C.D)	.....
▪ Gastos Generales (GG)	.....
▪ Utilidad (U)	.....
▪ Impuesto General a las Ventas – IGV (18%)	.....
Gestión del proyecto (G)	697,578
Expediente técnico (E.T)	372,042
Supervisión (S)	495,052
Liquidación (L)	314,033
Total	6 929,225

- Expediente técnico.
- Acta de inicio de Obra.
- Reportes e informes de la Entidad Ejecutora.
- Informe de supervisión.
- Acta de Fin de Obra y Transparencia a usuarios.
- Liquidación física y financiera de la Obra.
- Cierre del proyecto.

- Se cumple con el cronograma y planificación presupuestal de la Unidad Ejecutora.

Elaboración propia.

Conclusiones y Recomendaciones

La UF debe indicar el resultado (viable o no viable) del proceso de formulación y evaluación del proyecto y detallar los principales argumentos que sustentan dicho resultado, en términos de lo siguiente:

- Sustentar dentro del documento técnico correspondiente el cumplimiento de los tres (3) atributos que definen la condición de viabilidad de un proyecto, en caso el proyecto resulte viable:
 - Mostrar evidencia de que la capacidad proporcionada por el proyecto de inversión contribuye al cierre de brecha de infraestructura de riego y riego tecnificado en el territorio determinado por el área de influencia del proyecto; cautelando que las brechas prioritarias correspondan a aquellas vinculadas al proyecto de inversión en la fase de Programación Multianual de Inversiones.
 - Acreditar que la alternativa de solución recomendada maximiza la contribución del proyecto de inversión al bienestar de la población beneficiaria y al resto de la sociedad en general. Bajo el criterio de eficiencia, esto equivale a obtener el mejor indicador de rentabilidad social posible, sea bajo la metodología de análisis costo beneficio o bajo la metodología de análisis costo efectividad.
 - Verificar que el incremento en el bienestar que se logra como consecuencia del proyecto sea sostenible durante el funcionamiento del proyecto; lo que implica que la evaluación confirma la existencia de arreglos institucionales y organizacionales, así como la programación de un conjunto de medidas a nivel de la Unidad Productora, de modo tal que se garantice razonablemente la conservación de la capacidad obtenida por el proyecto.
- Si el resultado es no viable, indicar qué atributo o atributos no se logró sustentar dentro del documento técnico.
- Emitir un juicio técnico sobre la calidad y la pertinencia del grado de profundización de la información empleada para la elaboración del documento técnico, el alcance de la ingeniería y el nivel de profundidad de la información en la definición del proyecto, así como la consistencia y coherencia de los supuestos establecidos, los documentos que sustentan las evidencias, las fuentes de información, las normas técnicas, los parámetros y metodologías empleadas, entre otros elementos claves relacionados con el fundamento técnico y económico de la decisión de inversión.

Anexos

Anexo I. Niveles de servicio y estándares de calidad

Para los niveles de Servicio Público vinculado a la Tipología y a su naturaleza de intervención, MIDAGRI a través de la Resolución Ministerial N° 0494-2022-MIDAGRI Aprueban el Manual de alcance sectorial, MA N° 0002-2022-MIDAGRI/DGIHR-DNIHR denominado “Estándares Técnicos para Proyectos de Riego en el Perú” Versión 01.

En el numeral 7 del Manual antes indicado señala que los estándares técnicos para infraestructura hidráulica constituyen: “el conjunto de normas y recomendaciones técnicas que regulan el diseño y construcción de la infraestructura de riego”.

En ese marco, las normas técnicas del servicio público de provisión de agua para riego son:

- Ley N°28585, Ley que Crea el Programa de Riego Tecnificado
- Decreto Supremo. N° 004-2006-AG, Aprueban Reglamento de la Ley N° 28585, Ley que crea el Programa de Riego Tecnificado y modificatorias.
- Ley N°29338, Ley de Recursos Hídricos
- Resolución Ministerial N°122-2020-MINAGRI, Aprobar los “Lineamientos para establecer las competencias a nivel nacional, regional y local de las Inversiones en Infraestructura Hidráulica de Riego y Drenaje”.
- Resolución Jefatural N° 327-2018-ANA, Reglamento de Operadores de Infraestructura Hidráulica y de Instrumentos para la prestación de los servicios de suministro de agua.
- Resolución Jefatural N° 0483-2024-ANA, Lineamientos para determinar y establecer los Parámetros de Eficiencia para el aprovechamiento de los recursos hídricos.
- Resolución Jefatural N°272-2018-ANA, Aprueban Reglamento de seguridad de presas públicas de embalse de agua.

i) Niveles de servicio:

- Artículo 6° de la Resolución Jefatural N° 272-2017-ANA:
Para el caso de riego tecnificado se deberá tomar en cuenta los parámetros establecidos en la Ley N° 28585, Ley que crea el Programa de Riego Tecnificado y su Reglamento Supremo 004 – 2006 – AG y modificado con el Decreto Supremo N° 014 – 2017 – MINAGRI, publicado el 04 de octubre de 2017.

ii) Estándares de calidad:

- Artículo 6° de la Resolución Jefatural N° 142 - 2019 -ANA:

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Parámetro de eficiencia de captación de Agua (Pec): Tiene como objetivo, evaluar si el volumen de agua captado en la fuente natural o infraestructura hidráulica mayor es la requerida por los usuarios, en forma oportuna y cantidad requerida.

$$Pec = \frac{Vc}{Vp}$$

- Donde:
 - ❖ *Pec*: Parámetro de eficiencia de captación de agua.
 - ❖ *Vp*: Volumen de agua programada para el mes, establecido en el PADH (m3).
 - ❖ *Vc*: Volumen de agua captado por mes (m3)
 - ❖ Para considerar una adecuada eficiencia en captación de agua, el valor de este parámetro (*Pec*) deberá encontrarse en el rango:

Indicador	Umbral	Aceptable
Parámetro de eficiencia de captación de Agua (Pec)	1	0.90-1.0

- Parámetro de eficiencia de distribución del Agua (Ped): Tiene como objetivo, proporcionar una indicación de las pérdidas de agua en la red de canales de distribución.

$$Ped = \frac{Vd}{Vc}$$

- Donde:
 - ❖ *Ped*: *Parámetro de eficiencia de distribución de agua.*
 - ❖ *Vd*: *Volumen de agua distribuidos en el bloque de riego en el mes (m3).*
 - ❖ *Vc*: *Volumen de agua captado (m3).*
- Para considerar una adecuada eficiencia de distribución de agua, el valor de este parámetro (*Ped*) deberá encontrarse en el rango:

Indicador	Umbral	Aceptable
Parámetro de eficiencia de distribución del Agua (Ped)	1	0.80 – 1.00

- Artículo 7º de la Resolución Jefatural N° 142 - 2019 -ANA:

- Parámetros de eficiencia de aprovechamiento de agua (Pea): Tiene por objetivo, optimizar los volúmenes de agua utilizados vinculados al costo por el servicio de suministro.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

$$Pea = \frac{Vf}{Vb}$$

- Donde:
 - ❖ *Pea: Parámetros de eficiencia de aprovechamiento de agua*
 - ❖ *Vf: Volumen de agua facturado (m3).*
 - ❖ *Vb: Volumen de agua distribuido en el bloque (m3).*
- Para considerar una adecuada eficiencia de aprovechamiento de agua (Pea), el valor de este parámetro (Pes) el valor de este parámetro deberá de encontrarse en el rango:

Indicador	Umbral	Aceptable
Parámetros de eficiencia de aprovechamiento de agua (Pea)	1	0.90 – 1.00

- Parámetros de eficiencia de cobertura de medidores (Pcm): Tiene por objetivo, contar con información de volúmenes de agua captados, distribuidos y utilizados.

$$Pcm = \frac{Nm}{Nr h}$$

- Donde:
 - ❖ *Pcm: Parámetros de eficiencia de cobertura de medidores*
 - ❖ *Nm: Número total de medidores en funcionamiento.*
 - ❖ *Nrh: Numero total de puntos de medición de la red hidrométrica de captación y distribución del agua.*
- Para considerar una adecuada eficiencia de cobertura de medidores, el valor de este parámetro (Pcm) deberá tomar los valores del rango:

Indicador	Umbral	Aceptable
Parámetros de eficiencia de cobertura de medidores(Pcm)	1	0.95 – 1.00

- Artículo 8º de la Resolución Jefatural N° 107-2016-ANA:

- Parámetro de eficiencia de suministro (PEs): Tiene por objetivo, optimizar el aprovechamiento de los volúmenes de agua suministrados para la actividad productiva.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

$$PEs = \frac{\sum V_{uu}}{V_o}$$

- Donde:
 - ❖ *PEs: Parámetro de eficiencia de suministro*
 - ❖ *V_{uu}: Volumen de agua utilizado mensual (m³).*
 - ❖ *V_o: Volumen de agua otorgado (m³).*
- "Para considerar una adecuada eficiencia de suministro de agua, el valor de este parámetro (PEs) deberá encontrarse en el rango de:

Indicador	Umbral	Aceptable
Parámetro de eficiencia de suministro (PEs)	1	0.90 – 1.00

- Parámetro de eficiencia de Operación (PEo): Tiene como objetivo, disminuir las pérdidas de agua durante el proceso productivo que desarrolla el usuario para producir un servicio mediante la utilización de los recursos hídricos.

$$PEo = \frac{\sum V_{uu}}{V_d}$$

- Donde:
 - ❖ *PEo: Parámetro de eficiencia de Operación*
 - ❖ *V_{uu}: Volumen de agua utilizado por el usuario en forma mensual (m³).*
 - ❖ *V_d: Volumen de agua demandado (m³)*
- Para considerar una adecuada eficiencia de Operación, el valor de este parámetro (PEo) deberá encontrarse en el intervalo:

Indicador	Umbral	Aceptable
Parámetro de eficiencia de Operación (PEo).	1	0.75 – 1.00

- Coeficiente de Uniformidad (CU): Parámetro de eficiencia de Operación (PEo): Tiene como objetivo, disminuir las pérdidas de agua durante el proceso productivo que desarrolla el usuario para producir un servicio mediante la utilización de los recursos hídricos.

$$CU = \frac{q * 25\%}{q * 100\%}$$

Donde:

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

q25 % : Caudal promedio del 25 % de goteros cuyos caudales son los más bajos. q100 %: Volumen de agua utilizado por el usuario en forma mensual (m3).

- Para considerar una adecuada eficiencia de Operación, el valor de este parámetro (CU) deberá encontrarse en el intervalo:

Indicador	Umbral	Aceptable
Coefficiente de Uniformidad (CU):	1	0.90 – 1.00

Anexo II. Consideraciones conceptuales para estimación de la demanda del servicio de provisión de agua para riego

Para el análisis de la demanda del servicio, se deberá analizar el requerimiento de agua de los cultivos a instalar en el ámbito del proyecto (en volumen) y si fuese el caso se adicionan los volúmenes de agua aprobados por la Autoridad Nacional del Agua para otras actividades.

La determinación de los requerimientos de agua de los cultivos es determinada por la Evapotranspiración actual o real (ETA), que no es más la cantidad de agua que requiere la planta para satisfacer sus necesidades fisiológicas. Sin embargo, dentro de su ambiente, la planta no se encuentra aislada, sino que forma parte de un microsistema, sujeto a “entradas” y “salidas” y, por lo tanto, susceptible a efectuar un balance hídrico, en el que las entradas están dadas por todos los aportes hídricos al suelo y la “salida” por el proceso de agotamiento de la humedad del suelo ocasionado por la evapotranspiración actual (ETA).

El balance hídrico³⁴, se sintetiza en:

$$DA = ETA - (PE + CA + N)$$

Donde:

- DA: Necesidad de riego o demanda de agua de los cultivos para el periodo considerado (mm),
- ETA: Evapotranspiración real o actual (mm)
- PE: Precipitación efectiva (mm)
- CA: Diferencia de la lámina de la capacidad de almacenamiento del suelo inicial y final del periodo considerado (mm)
- N: Aporte eventual del nivel freático (mm)

El proceso de agotamiento de la humedad del suelo está dado por la evapotranspiración actual (ETA) y el proceso de contribución hídrica.

El valor de N, se considera igual a cero tanto para condiciones donde no existe influencia del nivel freático, así como en aquellas situaciones donde se puede controlar la ascensión capilar del nivel freático, mediante un adecuado sistema de drenaje capaz de evitar daños físicos al sistema radicular de la planta.

El valor de CA, también se considera cero para efectos de la planificación de proyectos de irrigación, dado que, en éstos, el objetivo es conocer la demanda de agua total del proyecto, en ese sentido, la demanda de agua de los cultivos quedará expresado por:

$$DA = ETA - PE$$

Donde:

³⁴ Vázquez V. Absalón, Vázquez R. IssaaK, Vilchez O. Guillermo. “Principios Básicos del Riego”. Instituto Internacional de Riegos. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. 260 pg. Página 157.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

DA: Necesidad de riego o demanda de agua de los cultivos para el periodo considerado (mm),

ETA: Evapotranspiración real o actual (mm)

PE: Precipitación efectiva (mm)

A continuación, se desarrollará las definiciones de los términos de la ecuación desarrollada líneas arriba.

a. Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial (ETP), es la cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo de tamaño corto, que cubre toda la superficie, en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de agua.

Existen varios métodos para determinar la evapotranspiración potencia. Los más comunes son los siguientes:

- Lisímetro

Es la forma directa y exacta de medir la evapotranspiración potencial, y consiste en registrar a partir de un aparato llamado lisímetro la evapotranspiración observada durante un periodo determinado.

En el interior del lisímetro se encuentra el cultivo patrón o pasto que en materia de análisis de la cantidad de agua evaporada o transpirada. Este método generalmente se usa en trabajos de investigación y es poco empleado en estudios de requerimiento de agua de los cultivos de proyectos de irrigación. Existen dos tipos de lisímetros: de balance y de pesada.

- Tanque de evaporación

Consiste en encontrar una relación entre la tasa de evapotranspiración producida en un lisímetro, y la tasa de evaporación producida en un tanque de evaporación clase “A”, en base al cual se determina un coeficiente empírico con el que se puede afectar luego la lectura de evaporación y obtener indirectamente la evapotranspiración potencial para condiciones ambientales específicas. La relación es la siguiente:

$$ETP = Ft.Eo$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial (mm/día)

Ft: Coeficiente empírico, válido para las condiciones ambientales del tanque.

Eo: Evaporación libre de tanque clase “A” (mm/día)

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Este método es uno de los más eficientes y exactos, siempre que se cumpla con todas las condiciones que se requiere para su instalación.

- Métodos o fórmulas empíricas

Los métodos empíricos consisten en fórmulas o ecuaciones deducidas por diversos investigadores y están basados en la aplicación de variables meteorológicas como factores que afectan la tasa de evapotranspiración potencial y que han sido desarrolladas para zonas con características propias.

Las fórmulas o métodos empíricos más conocidas y de mayor aplicación son:

- Métodos basados en la temperatura del aire y datos astronómicos: método de Thornthwaite y método de Blaney y Criddle,
- Métodos basados en la temperatura del aire y la humedad relativa: método de Papadakis, método de Ivanov y método de Hargreaves,
- Métodos basados en la temperatura del aire y la radiación solar: método de Turc, método de Jensen-Haise y método de la radiación, y
- Métodos basados en la ecuación de combinación del balance de energía y de la transferencia turbulenta del vapor de agua: método de Penman, método de Penman-Monteith y método de Bouzo (Sánchez M. , 2001).

b. Factor de cultivo

Conocido como coeficiente de cultivo, es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo del cual se quiere evaluar su consumo de agua.

Los factores que afectan los valores de K_c son principalmente: las características del cultivo, fecha de siembra, ritmo de desarrollo del cultivo, duración del periodo vegetativo, condiciones climáticas y la frecuencia de lluvia o riego, especialmente durante la primera fase de crecimiento.

El coeficiente K_c de cada cultivo, tendrá una variación estacional en función de las fases de desarrollo del cultivo, y que son las siguientes:

- Fase Inicial – Fase 1: Comprende el periodo de germinación y crecimiento inicial, cuando la superficie del suelo está cubierta apenas o nada por el cultivo. Desde la siembra hasta el 10% de cobertura vegetal.
- Fase de Desarrollo del cultivo – Fase 2: Comprende desde el final de la fase inicial hasta que se llega a una cubierta sombreada efectiva completa del orden del 70-80%.
- Fase de mediados del periodo (maduración) – Fase 3: Compreendida desde que se obtiene la cubierta sombreada efectiva completa hasta el momento de iniciarse la maduración que se hace evidente por la decoloración o caídas de hojas.
- Fase final del periodo vegetativo (cosecha) – Fase 4. Comprende desde el final de la fase anterior hasta que se llega a la plena maduración o cosecha.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Para la determinación del factor K_c se siguen los siguientes pasos:

- Se define el cultivo a establecer
- Determinar el periodo vegetativo y la duración de cada etapa de desarrollo del cultivo: inicial, desarrollo, maduración y cosecha.
- Se determina, el valor de K_c para la etapa inicial del cultivo, mediante el gráfico que relaciona frecuencia de riego y la evapotranspiración potencial (ETP); para lo cual se asume frecuencia de riego práctica de acuerdo al cultivo y zona donde se trabaje.
- Se determina el valor de K_c para las etapas de maduración y cosecha en base a las tablas que relacionan el valor de K_c con los valores de humedad relativa y velocidad de viento.
- Se construye la curva K_c , relacionando los valores de K_c y las etapas de desarrollo del cultivo. El ploteo se efectúa de la siguiente manera:
 - El valor de K_c para la etapa inicial corresponderá para la parte final de dicha etapa.
 - El valor de K_c para la etapa de maduración corresponderá a toda la etapa.
 - El valor de K_c para la etapa de cosecha corresponderá a la parte final de dicha etapa.
 - Unir mediante líneas rectas los valores de K_c , de la parte final de la etapa inicial con el inicio de la etapa de maduración y la parte final de la maduración con la parte inicial de la etapa de cosecha.
 - Trazar la curva suavizada representativa para el cultivo que se analiza.
- La curva trazada constituirá la curva K_c del cultivo. En base a esta curva se determinará los valores de dicho factor que corresponden a cualquier fecha de interés.

c. Evapotranspiración real o actual (ETA)

La evapotranspiración real o actual de un cultivo es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo excepto de enfermedades, que crece en un campo extenso en condiciones óptimas de suelo, fertilidad y suministro de agua.

La evapotranspiración actual es también conocido como “Uso Consuntivo”. Se determinan mediante la siguiente relación:

$$ETA = K \cdot ETP$$

Donde:

ETA: Evapotranspiración real o actual de los cultivos (mm)

K: Coeficiente que tienen en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta.

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

El factor K, es determinada por la relación que describimos a continuación:

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

$$K = K_c.K_s.K_h$$

Donde:

Kc: Factor de cultivo

Ks: Factor de suelo

Kh: Factor de humedad

Para suelos profundos, de adecuadas condiciones físicas y de buena disponibilidad de elementos nutritivos $K_s=1$. Este mismo valor tiene Kh para condiciones de óptimo abastecimiento de agua; por lo tanto, K, depende fundamentalmente de Kc

El factor Kc, depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de los cultivos y expresa la variación de su capacidad para extraer agua del suelo durante el ciclo vegetativo foliar de los cultivos.

Por lo tanto:

$$ETA = K_c.ETP$$

Donde:

ETA: Evapotranspiración real o actual de los cultivos (mm)

Kc: Factor de cultivo.

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

Para calcular ETA de un cultivo cualquiera, se calcula en primer lugar el valor de la ETP por cualquiera de los métodos antes mencionados, luego se determina el valor de Kc según el estado de desarrollo del cultivo.

d. Precipitación efectiva

Durante el proceso de almacenamiento hídrico del reservorio suelo, la precipitación pluvial constituye un alto porcentaje (en algunos casos el total) del contenido de agua en el suelo; pero parte de la lluvia de que dispone la planta para su desarrollo es únicamente una fracción de ésta, la otra parte se pierde por escorrentía, percolación profunda o evaporación.

En este sentido, al volumen de lluvia parcial utilizando por las plantas para satisfacer sus correspondientes necesidades hídricas para su normal desarrollo, se le ha definido como precipitación efectiva.

Dado que la precipitación es una variable aleatoria, conviene analizar la precipitación total, probabilísticamente, con el objeto de determinar el valor probable de la precipitación que cae. Por esto, se determina la frecuencia o probabilidad de ocurrencia mediante la fórmula de Weibull.

La probabilidad de ocurrencia de la lluvia que se adopte dependerá del valor económico del cultivo, considerándose en general un valor de 75% de probabilidad de ocurrencia como el más adecuado.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

En algunos casos, debido a las mismas características de la lluvia, resulta demasiado conservador adoptar el 75% de probabilidad de ocurrencia, siendo más conveniente trabajar con la precipitación total promedio mensual.

Para la determinación de la precipitación efectiva se cuenta con varios métodos de cálculo, los cuales pasamos a describir a continuación:

- Porcentaje Fijo

La precipitación efectiva es un porcentaje fijo de la precipitación real, estos valores fluctúan entre el 0.70 y 0.90.

$$PE = f.PP$$

Donde:

PE: Precipitación efectiva en mm.

f: Factor de corrección entre 0.7 – 0.9

PP: Precipitación en mm.

- Precipitación confiable (ecuación FAO/AGLW)

De acuerdo con un análisis llevado a cabo para diferentes climas semiáridos y subhúmedos, una fórmula empírica se desarrolló en el Servicio de Aguas de la FAO para estimar la precipitación confiable como el efecto combinado de la precipitación confiable (80% de probabilidad de excedencia) y las pérdidas estimadas debió a la escorrentía superficial (ES) y a la percolación profunda (PP). Esta fórmula puede ser utilizada para fines de diseño, en caso de que se requiera el valor de la precipitación con 80% de probabilidad de excedencia:

$$PE = 0.6.PP - 10 \text{ para } PP_{\text{mensual}} \leq 70 \text{ mm}$$

$$PE = 0.8.PP - 24 \text{ para } PP_{\text{mensual}} > 70 \text{ mm}$$

Donde:

PE: Precipitación efectiva en mm.

PP: Precipitación en mm.

- Fórmulas empíricas

Las mismas fórmulas que para la precipitación confiable, pero con la posibilidad de cambiar los parámetros, los cuales pueden ser determinados de un análisis de registros climáticos locales:

$$P = a.PP - b \text{ para } PP_{\text{mensual}} > z \text{ mm}$$

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

$$PE = c.PP - d \text{ para } PP_{\text{mensual}} > z \text{ mm}$$

Donde:

PE: Precipitación efectiva en mm.

PP: Precipitación en mm.

- USDA Soil Conservation Service

Ecuación desarrollada por el USCS, por el medio de la cual la precipitación efectiva puede ser calculada de acuerdo a:

$$PE = \frac{PP(125 - 0.2PP)}{125} \text{ para } PP \leq 250\text{mm}$$

$$PE = 125 + 0.1PP \text{ para } PP > 250 \text{ mm}$$

Donde:

PE: Precipitación efectiva en mm.

PP: Precipitación en mm.

- Precipitación no considerada

En este método de cálculo no se considera la precipitación para las estimaciones de riego.

Por último, para determinar la demanda de agua para uso agrícola de un proyecto, la necesidad de riego o demanda de agua de los cultivos para el periodo considerado (DA) se deberá afectar por un factor de corrección, debido a que existen pérdidas de agua a lo largo del camino de conducción del agua desde la fuente hasta las zonas de producción. Por lo que la demanda potencial, se determina de la siguiente manera:

$$DP = \frac{DA}{Er}$$

Donde:

DP: Demanda de agua del proyecto en mm.

DA: Necesidad de riego o demanda de agua neta de los cultivos para el periodo considerado en mm.

Er: Eficiencia de riego

Eficiencia de Riego

La eficiencia de riego está dada por la relación entre el volumen de agua evapotranspirada por las plantas y evaporada del suelo (ET_o), más la cantidad de agua necesaria para mantener una concentración adecuada de sales en el perfil enraizado del suelo (L_{sa}), menos la precipitación efectiva caída (Pe), menos la ascensión capilar producida desde la capa freática (L_{ac}); y el volumen de agua derivado o extraído de la

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

fuentes de abastecimiento (V_{ex}). La fórmula con que se determina la eficiencia de riego es:

$$V_a = ETo + Lsa - Lac - Pe$$

$$Er = \frac{V_a}{V_{ex}} \cdot 100$$

Donde:

V_a : Volumen de agua requerido por los cultivos.

ETo : Evapotranspiración actual

Lsa : Lámina de agua necesaria para mantener una concentración adecuada de sales en el perfil enraizado del suelo

Lac : Ascensión capilar producida por la napa freática.

Pe : Precipitación efectiva caída.

Er : Eficiencia de riego

V_{ex} : Volumen de agua derivado o extraído de la fuente de abastecimiento.

La cantidad de agua se expresa en unidades de volumen o en espesor de lámina de agua. Los componentes de la eficiencia de riego se van a mencionar a continuación:

- Para sistemas con estructura de regulación

$$Er = (Es \cdot Ecd \cdot Ea) \cdot 100$$

- Para sistemas sin estructura de regulación

$$Er = (Ecd \cdot Ea) \cdot 100$$

Donde:

Er : Eficiencia de riego del sistema o proyecto

Es : Eficiencia de almacenamiento

Ecd : Eficiencia de conducción y distribución

Ea : Eficiencia de aplicación

Explicaremos los conceptos de Eficiencia de almacenamiento, Eficiencia de conducción y distribución, y Eficiencia de aplicación:

a. Eficiencia de almacenamiento (Es).

La eficiencia de almacenamiento para una estructura de regulación viene dada por la siguiente relación:

$$Es = \frac{V_{ex}}{V_o} \cdot 100$$

Donde:

Es : Eficiencia de almacenamiento

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Vex: Volumen de agua extraída del reservorio (m3)

Vo: Volumen de agua que ingresa al reservorio (m3)

b. Eficiencia de conducción y distribución (Ecd)

En un sistema de riego se distinguen dos tipos de canales: el canal principal y los canales laterales, a los que se le denominará canales de conducción, y los canales de menor orden que conducen las aguas hasta el nivel parcelario, a los que denominaremos canales de distribución. En ese sentido, la eficiencia de conducción y distribución se evalúa en forma conjunta y se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Ecd = Ec.Ed$$

$$Ec = \frac{Vcd}{Vex} \cdot 100$$

$$Ed = \frac{Vcc}{Vcd} \cdot 100$$

Donde:

Ec: Eficiencia de conducción

Ed: Eficiencia de distribución

Ecd: Eficiencia de conducción y distribución

Vcc: Volumen de agua entregada a nivel de cabecera de las parcelas.

Vex: Volumen de agua derivada por la estructura de captación o de la estructura de regulación.

Vcd: Volumen de agua entregada a los canales de distribución

c. Eficiencia de aplicación (Es)

Está definida por la relación entre el volumen del agua retenida en la zona de raíces y que será utilizada para la evapotranspiración, más el volumen de agua necesario para mantener un balance apropiado de sales en el perfil enraizado, y el volumen total de agua aplicado en el riego. Para su determinación se utiliza la siguiente relación:

$$Ea = \frac{V1 + V2}{Vo}$$

Donde:

Ea: Eficiencia de aplicación

V1: Volumen de agua retenida en la zona de raíces.

V2: Volumen de agua aplicada para mantener un balance de sales apropiada en las zonas de raíces.

Vo: Volumen total de agua aplicado en el riego.

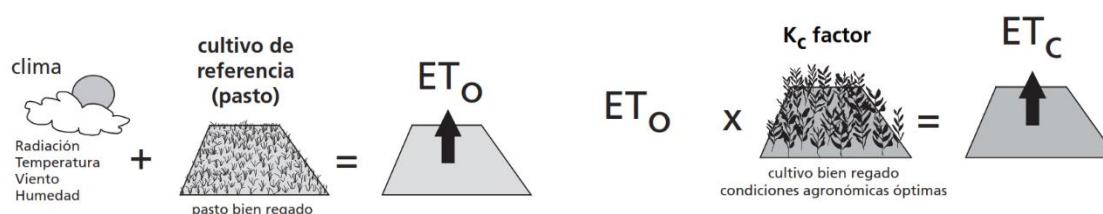
Tareas y ejemplos para el cálculo de la demanda del servicio

Está determinada por la evapotranspiración (o uso consuntivo), que es la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo en donde se asienta el cultivo; por el área regada en (ha). Para su cálculo, se recomienda las tareas siguientes:

Tarea 1: Calcular la Evapotranspiración potencial ET_o para ello existen varios métodos de estimación y que pueden ser utilizado con fines de cálculo de la demanda hídrica. De los cuáles desarrollaremos tres métodos de cálculo.

- Método de Criddle
- Método de Hargreaves
- Método de Penman Monthet

Gráfico 64. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), bajo condiciones estándar (ET_c)



Fuente: FAO 56 - Riego y Drenaje

Método directo : Lisímetro (sólo se realiza en trabajos de investigación)

Métodos indirectos publicados por la FAO:

Blaney – Criddle: se aplica para periodos de un mes

Radiación: se aplica para periodos de 10 días o un mes

Penman modificado: más exacto, se requiere más información (T° , radiación, humedad y viento, se puede aplicar por mes y media diaria)

Cubeta evaporímetro: Se aplica para periodos diarios, y está en función de la evaporación.

Método Hargreaves se aplica para periodos de un mes y se adecúa mejor en la región andina.

Ejemplo 1: Método de Criddle

Calcular el ET_o mensual del mes de setiembre.

- Temperatura máxima : 31.6°C

- Temperatura mínima : 2.6°C

Latitud : 16.5° Sur

Humedad relativa : 46.4%

Insolación fuerte (n) : 9.9 horas diarias de media

Viento : 2.3 m/s

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Solución:

i. Cálculo del factor $f = p(0.46 t + 8.13)$

a) Cálculo de t (*temperatura media del mes*): $t = (31.6 + 2.6) / 2 = 17.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$

b) Cálculo de p , para el mes de setiembre y 16.5° Sur: $p = 0.27$

Sustituyendo valores: $f = 0.27 (0.46 \times 17.1 + 8.13) = 4.32 \text{ mm}$

ii. Cálculo del ETo

a) Humedad relativa: 46.4%

b) Para el mes de setiembre y 16.5° latitud Sur, se obtiene $N = 12$

c) Ingresamos la siguiente información:

- $\frac{n}{N} = \frac{9.9}{12} = 0.825$ (Valoración: Alta ...tercera fila inferior)

- Viento moderado = 2.3 m/s (línea 2)

- Humedad relativa 46.4% (Fila 2)

Se obtiene el recuadro II y recta 2:

Para:

$$f = 4.32 \text{ (eje } x) ; ETo = 5.2 \text{ (eje } y)$$

Entonces ETo para el mes de setiembre es $5.2 \text{ mm/día} = \mathbf{156 \text{ mm/mes}}$

El método de Blaney – Criddle, se aplica cuando se dispone con datos de temperaturas, datos de humedad, insolación y viento son datos estimados.

Se aplica par períodos mensuales.

No es recomendable en regiones ecuatoriales y zonas de gran altitud.

Ejemplo 2: Método de Hargreaves

Para este método se necesita datos de temperatura y de radiación solar; este método es muy utilizado en Perú, dado que ha sido calibrado en un estudio de investigación llevado en Cajamarca en el año 1981.

i. Calcular el ETo mensual del mes de setiembre.

- Temperatura máxima : $31.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$

- Temperatura mínima : $2.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Latitud : 16.5° Sur

Humedad relativa : 46.4%

Insolación fuerte (n) : 9.9 horas diarias de media

Altitud : 1250 m.s.n.m

$$ETo = MF \times TMF \times CH \times CE \dots\dots\dots (1)$$

$$CH = 0.166 (100 - HR)^{0.5} \text{ para } HR > 65\%$$

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

$$CH = 1, \text{ para } HR < 65\%$$

$$CE = 1 + \frac{E}{50000}$$

ET_o = evapotranspiración potencial diaria, mm/mes

Mf = Factor de evapotranspiración potencial (mm/mes)

TMF = temperatura media, °F

CH = Corrección por humedad %

CE = Corrección por altitud

E = Altitud sobre el nivel del mar.

ii. Ingresar latitud 16.5°S y mes Setiembre para calcular MF = 2.14

iii. Convertir la temperatura media de T°C a T°F; $TMF = \left(\frac{9}{5} \times T^{\circ}C\right) + 32$; entonces
TMF = 62.78 °F.

iv. Cálculo de CH, para HR<65% entonces CH=1.

v. Cálculo de CE; CE=1+1250/50000 = 1.025

Reemplazamos en ecuación (1)

$$ET_o = 2.14 \times 62.78 \times 1 \times 1.025 = 137.7 \text{ mm}$$

$$Eto = 4.59 \text{ mm/día}$$

Ejemplo 3: Método de Penman Monteith

Este método se utiliza en zonas donde se disponga de datos medidos sobre temperatura, radiación, humedad y viento. Es más exacto de los que utilizan formulas empíricas para predecir las necesidades hídricas de los cultivos, pero exige unos cálculos laboriosos, se recomienda utilizar el software libre CROPWAT.

Para nuestro ejemplo, utilizando este método en el mes de setiembre resulta:

Eto = 5.25 mm equivale a **157.5 mm/mes**

Gráfico 65. Cálculo de Eto Penman-Monteith

The screenshot shows the 'Monthly ETo Penman-Monteith' software window. The input fields are: Country: PERU, Station: MAJES, Altitude: 1250 m, Latitude: 16.50 S, Longitude: 72.10 W. Below the inputs is a table with 8 columns: Month, Min Temp (°C), Max Temp (°C), Humidity (%), Wind (km/day), Sun (hours), Rad (MJ/m²/day), and ETo (mm/day). The table lists data for each month from January to December, with an 'Average' row at the bottom.

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
January	8.5	30.5	67	170	8.0	23.1	5.21
February	9.3	29.2	69	160	8.2	23.0	4.92
March	8.5	30.6	67	163	8.8	22.7	4.99
April	6.5	30.4	63	153	9.2	21.0	4.59
May	4.0	30.0	51	167	9.8	19.3	4.45
June	0.2	30.0	46	174	9.6	17.8	4.31
July	1.3	30.8	41	176	9.9	18.7	4.61
August	0.2	30.2	45	185	10.0	21.0	5.03
September	2.3	30.0	45	161	9.9	23.3	5.25
October	2.3	31.0	46	161	10.2	25.6	5.82
November	3.7	30.2	53	159	10.4	26.7	5.78
December	6.8	30.7	62	176	9.4	25.3	5.64
Average	4.5	30.3	55	167	9.4	22.3	5.05

Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tarea 2: Calcular la evapotranspiración del cultivo $ET_c = ETo \times K_c$; donde el Coeficiente del cultivo (K_c), debe obtenerse de las tablas del manual de la FAO-56/.

Ejemplo 1: Cultivo Maíz

Coeficiente: $K_c \text{ ini} = 0.3$

$K_c \text{ med} = 1.20$

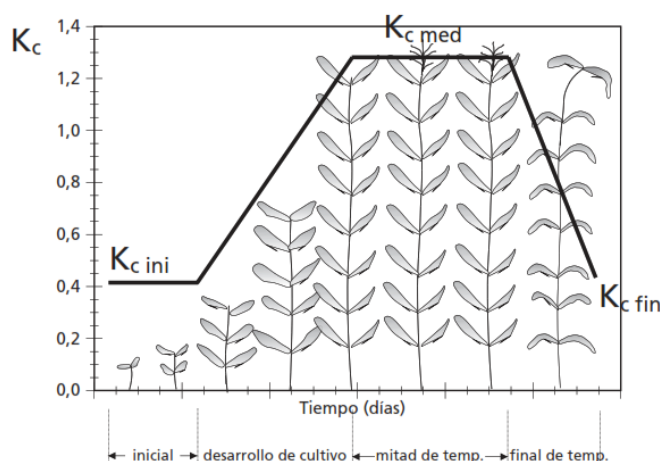
$K_c = 0.35$

Duración : 30 días

85 días

30 días

Gráfico 66. Comportamiento del K_c de un cultivo en su período vegetativo



Fuente: FAO 56 - Riego y Drenaje

Tabla 152. Cálculo del ET_c

Cultivos	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	.....	
ETo (mm)	155. 9	157.5	180. 4	173. 4	174. 8	161. 5	137.8		
K_c		0.6	0.7	1.05	1.05	0.75			
$ET_c = ETo \cdot K_c$ (mm)	0.0	94.5	126. 3	182. 1	183. 5	121. 1	0.0		

Elaboración: propia

Tarea 3: Cálculo de la precipitación efectiva

Este parámetro se define como la fracción de la precipitación total utilizada para satisfacer las necesidades de agua del cultivo; quedan por tanto excluidas la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo. Se expresa en mm. Se puede calcular por varios métodos: a) Porcentaje fijo b) Precipitación confiable (formula FAO/AGLW), c) Fórmula empírica y d) USDA Soil Conservation.

Gráfico 67. Método para cálculo de la precipitación efectiva

Método para Prec. Efectiva para cálculo de RAC

☐ Porcentaje fijo: 80 %

☐ Precip. confiable (formula FAO/AGLW)
 $P_{ef} = 0.6 * P - 10$ para $P_{month} \leq 70$ mm
 $P_{ef} = 0.8 * P - 24$ para $P_{month} > 70$ mm

☐ Fórmula empírica
 $P_{ef} = 0.5 * P + -5$ para $P \leq 50$ mm
 $P_{ef} = 0.7 * P + 20$ para $P > 50$ mm

☒ USDA servicio de conservación de suelos
 $P_{ef} = [P * (125 - 0.2 * P)] / 125$ para $P \leq 250$ mm
 $P_{ef} = 125 + 0.1 * P$ para $P > 250$ mm

Elaboración: propia

Ejemplo 1, El método confiable (formula FAO/AGLW) ha sido desarrollado en climas semiáridos y subhúmedos, puede utilizarse para fines de diseño en caso se requiera el valor de la precipitación con 80% de probabilidad de excedencia.

Mes marzo: $P_{ef} = (0.8 * 130 - 24) = 80$ mm/mes

Ejemplo 2, El método de USDA servicio de conservación de suelos; fue desarrollado a partir de balances hídricos, relacionándose los ingresos de agua por precipitación con las salidas por escurrimiento superficial y percolación, así como el agua retenida en la zona radicular para varios cultivos.

Mes marzo: $P_{ef} = (130 * (125 - 0.2 * 130)) / 125 = 102.9$ mm

Ejemplo 3, El método de porcentaje fijo es definido como la precipitación efectiva con un porcentaje relativo a la precipitación probable. De esta forma, se recomienda evaluar si el año es muy húmedo el porcentaje será menor, y para un año normal éste podría ser 60%-75% y para un 80% representa un año seco. De esta manera, cuanto más húmedo es el año, menor es el porcentaje de precipitaciones que, al quedar retenido en el suelo, se encuentra disponible para las plantas.

Mes marzo: $P_{ef} = (130 * 0.75) = 97.5$ mm

Tarea 4: Cálculo del requerimiento neto (RN)

Es la lámina neta adicional de agua que se debe aplicar a un cultivo para que supla sus necesidades hídricas. Se expresa en (mm) en un determinado periodo de tiempo (año, mes, día).

$$RN \text{ (mm)} = ET_c - P_{ef}$$

Para convertir de (mm) a (m^3/ha), multiplicar por 10.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

$$RN \text{ (m}^3\text{/ha)} = RN \text{ (mm)} * 10$$

Tarea 5: La eficiencia de riego está definido de la manera siguiente:

$$E_{fr} = E_c \times E_d \times E_a$$

E_c = Eficiencia de conducción

E_d = Eficiencia de
distribución

E_a = Eficiencia de aplicación

De los ejemplos de eficiencias expuestos líneas abajo calculamos la eficiencia de riego:

$$\text{la } E_{fr} = 85\% \times 88\% \times 55\% = 41\%$$

La eficiencia de conducción (*E_c*) está referida al porcentaje de agua que se dispone al final de la línea de conducción con respecto a la cantidad inicial captada. En el módulo II se explica con ejemplos el cálculo de este indicador.

Ejemplo 1:

Se tiene un canal trapezoidal de concreto de 5 km de longitud en buenas condiciones; en campo, las pérdidas de agua por filtración se han estimado en 8.1%, entonces:

$$E_c = 91.9\%$$

La eficiencia de distribución (*E_d*) está referida a la cantidad de agua que ingresa a cada parcela con respecto a la cantidad de agua entregada en cada toma de distribución.

Tabla 153. Recomendaciones para estimar la eficiencia de distribución en un sistema de riego

Estructuras	Situación actual	Pérdidas
Tomas de distribución	Tienen compuertas ó válvulas herméticas y operativas.	0%
	Tienen compuertas ó válvulas, parcialmente operativas para el control de caudales.	1% - 5%
	La distribución se opera con champas y tierra para el cierre y control de caudales	5% - 10%
Medidor y control de volúmenes de agua	Las tomas cuentan con algún tipo de registro de caudal o volúmenes de agua, o algún operador que se encarga de distribuir equitativamente el agua de acuerdo a un turno de riego.	0% - 5%
	La distribución no está controlada y cada usuario lo utiliza de acuerdo a las necesidades de sus cultivos.	2% - 5%
	Existe robo de agua durante los turnos de riego, antes que llegue a la parcela de los regantes.	10%>

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Estructuras	Situación actual	Pérdidas
Canales de distribución	El canal de distribución que conduce el agua hacia la parcela es de tierra.	5%-10%
	El canal de distribución que conduce el agua a cabecera de parcela es de concreto.	2%-5%

Elaboración: propia

Ejemplo 2. Sistema de riego Santa Rita de Sigüas evaluado en campo tiene las siguientes características:

Tomas de distribución	Las tomas de distribución están operativas, pero tiene deficiencia de control	2%
Medidor y control de volúmenes de agua	Tienen medidores de caudal en la distribución, tiene un controlador, pero no están calibradas	3%
Canales de distribución	Los canales de distribución que conducen hacia cabecera de parcela son de tierra	5%
Las pérdidas por distribución es la suma de las pérdidas estimadas $2 + 3 + 5 =$		12%

Entonces: $E_d = 90\%$

Eficiencia de aplicación (E_a)

Para riego tecnificado el formulador debe evaluar la eficiencia de aplicación a nivel parcelario durante la visita de campo, principalmente la tecnología de aplicación del riego actual.

En el módulo II, de modo general se presenta un alcance de las eficiencias de aplicación de las diferentes tecnologías de riego; para que la Entidad formuladora lo tenga en cuenta como referencia o también podría estimarlo en trabajo de campo.

Tabla 154. Recomendaciones de eficiencia de aplicación

Tecnología del riego	Intervalo		
<i>Riego por superficie</i>	30%	<i>a</i>	80%
Riego por surco	50%	<i>a</i>	70%
Riego por melgas o fajas	60%	<i>a</i>	75%
Riego por Inundación	60%	<i>a</i>	80%
Riego por Inundación permanente	30%	<i>a</i>	40%
<i>Riego por Aspersión</i>	65%	<i>a</i>	85%
<i>Riego por Goteo</i>	75%	<i>a</i>	95%

Fuente: Revisión Bibliográfica³⁵

³⁵ Revisión Bibliográfica: FAO, CEPES, MIDAGRI (TÉCNICAS DE RIEGO “José Luis Fuentes Yagüe”) (Riego Localizado “Fernando Pizarro”)

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Ejemplo 3: Durante el diagnóstico en campo se realizó una evaluación de la aplicación del riego y los agricultores vienen aplicando riego por surcos bien conformados y longitudes menores de 50 m, además los terrenos se observan bien nivelados y con pendientes uniformes.

Entonces se estima $E_a = 54.9\%$.

Tarea 6: Cálculo del requerimiento bruto (RB)

Es la lámina bruta adicional de agua que se debe aplicar a un cultivo durante el riego para que supla sus necesidades hídricas; está afectado por la eficiencia de riego debido a las pérdidas de agua que se produce en la conducción, distribución y la aplicación al cultivo. Se expresa en (mm) en un determinado periodo de tiempo (año, mes, día).

El requerimiento bruto.

$$RB = RN / E_{fr}$$

Para convertir de (mm) a (m^3/ha), multiplicar por 10.

$$RB (m^3/ha) = RB (mm) * 10$$

Tarea 7: El plan de cultivo para un proyecto de riego de naturaleza “Mejoramiento”, tiene que corresponder a la cédula de los cultivos actuales; y para la naturaleza “Ampliación” y “Creación”, la cédula de cultivo deberá ser proyectada por el profesional que formula el estudio en base a un estudio Agrológico.

a_1 (ha): área agrícola del Cultivo 1

a_2 (ha): área agrícola del Cultivo 2

a_3 (ha): área agrícola del Cultivo 3

....

a_n (ha): área agrícola del Cultivo n

Tabla 155. Cédula de cultivo

CULTIVO	MESES DEL AÑO												CAMPAÑAS (ha)																										
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	PRIMERA	SEGUNDA																									
Cultivo 1	<table><tr><td>0.6</td><td>0.7</td><td>1.1</td><td>1.1</td><td>0.8</td><td colspan="3"></td><td>0.4</td><td>0.8</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr><tr><td>24.0</td><td>24.0</td><td>24.0</td><td>24.0</td><td>24.0</td><td colspan="3"></td><td>8.50</td><td>8.50</td><td>8.50</td><td>8.50</td></tr></table>												0.6	0.7	1.1	1.1	0.8				0.4	0.8	1.0	1.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0				8.50	8.50	8.50	8.50	24	8.5	
0.6	0.7	1.1	1.1	0.8				0.4	0.8	1.0	1.0																												
24.0	24.0	24.0	24.0	24.0				8.50	8.50	8.50	8.50																												
Cultivo 2	<table><tr><td>0.4</td><td>0.8</td><td>1.0</td><td>1.1</td><td>1.1</td><td>0.8</td><td>0.3</td><td colspan="5"></td></tr><tr><td>74.50</td><td>74.50</td><td>74.50</td><td>74.50</td><td>74.50</td><td>74.50</td><td>74.50</td><td>74.50</td><td colspan="5"></td></tr></table>												0.4	0.8	1.0	1.1	1.1	0.8	0.3						74.50	74.50	74.50	74.50	74.50	74.50	74.50	74.50						74.5	
0.4	0.8	1.0	1.1	1.1	0.8	0.3																																	
74.50	74.50	74.50	74.50	74.50	74.50	74.50	74.50																																
Cultivo n	<table><tr><td colspan="6"></td><td>Kn1</td><td>Kn2</td><td>Kn3</td><td>Kn4</td><td>Kn5</td><td>Kn6</td></tr><tr><td colspan="6"></td><td>an</td><td>an</td><td>an</td><td>an</td><td>an</td><td>an</td></tr></table>																		Kn1	Kn2	Kn3	Kn4	Kn5	Kn6							an	an	an	an	an	an		an	
						Kn1	Kn2	Kn3	Kn4	Kn5	Kn6																												
						an	an	an	an	an	an																												
TOTAL (ha)	74.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	74.5+an	an	8.5+an	8.5+an	8.5+an	8.5+an	98.5	8.5+an																									

Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tarea 8: Cálculo de la demanda hídrica (DH) de la cédula de los cultivos

Para determinar el servicio de provisión de agua para uso agrícola con fines de demanda hídrica, se recomienda hacerlo de manera mensual durante un año promedio, y es la suma de las demandas brutas de cada cultivo por su área sembrada, durante un año hidrológico.

$$DH = RB * a$$

Se recomienda realizar cada uno de los pasos desarrollados líneas arriba para el cálculo de la Demanda hídrica (DH) de la cédula de cultivo en la situación sin y con proyecto. Para tal fin se presenta la siguiente tabla 5, y la secuencia del procedimiento como apoyo para el profesional encargado de la formulación del proyecto.

Anexo III. Parámetros Climáticos y Agronómicos para el Cálculo de la Evapotranspiración y Crecimiento de Cultivos

Tabla 156. Horas de Luz por día expresadas como porcentaje del total anual

<i>Latitud Norte</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
<i>Latitud Sur</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>
60°	0,15	0,20	0,26	0,32	0,38	0,41	0,40	0,34	0,28	0,22	0,17	0,13
58°	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,40	0,39	0,34	0,28	0,23	0,18	0,15
56°	0,17	0,21	0,26	0,32	0,36	0,39	0,38	0,33	0,28	0,23	0,18	0,16
54°	0,18	0,22	0,26	0,31	0,36	0,38	0,37	0,33	0,28	0,23	0,19	0,17
52°	0,19	0,22	0,27	0,31	0,35	0,37	0,36	0,33	0,28	0,24	0,20	0,17
50°	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,20	0,18
48°	0,20	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,21	0,19
46°	0,20	0,23	0,27	0,30	0,34	0,35	0,34	0,32	0,28	0,24	0,21	0,20
44°	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20
42°	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
40°	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
35°	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,30	0,28	0,25	0,23	0,22
30°	0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,31	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23
25°	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24
20°	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,30	0,29	0,28	0,26	0,25	0,25
15°	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25
10°	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26
5°	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0°	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

Tabla 157. Duración máxima diaria media de las horas de fuerte insolación N en diferentes meses y latitudes

<i>Latitud Norte</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
<i>Latitud Sur</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>
50°	8,5	10,1	11,8	13,8	15,4	16,3	15,9	14,5	12,7	10,8	9,1	8,1
48°	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
46°	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,6	10,9	9,5	8,7
44°	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,6	11,0	9,7	8,9
42°	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,6	11,1	9,8	9,1
40°	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2	10,0	9,3
35°	10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
30°	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2
25°	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	13,0	12,3	11,6	10,9	10,6
20°	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15°	11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13,0	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2
10°	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5°	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0°	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

Tabla 158. Evapotranspiración potencial Eto

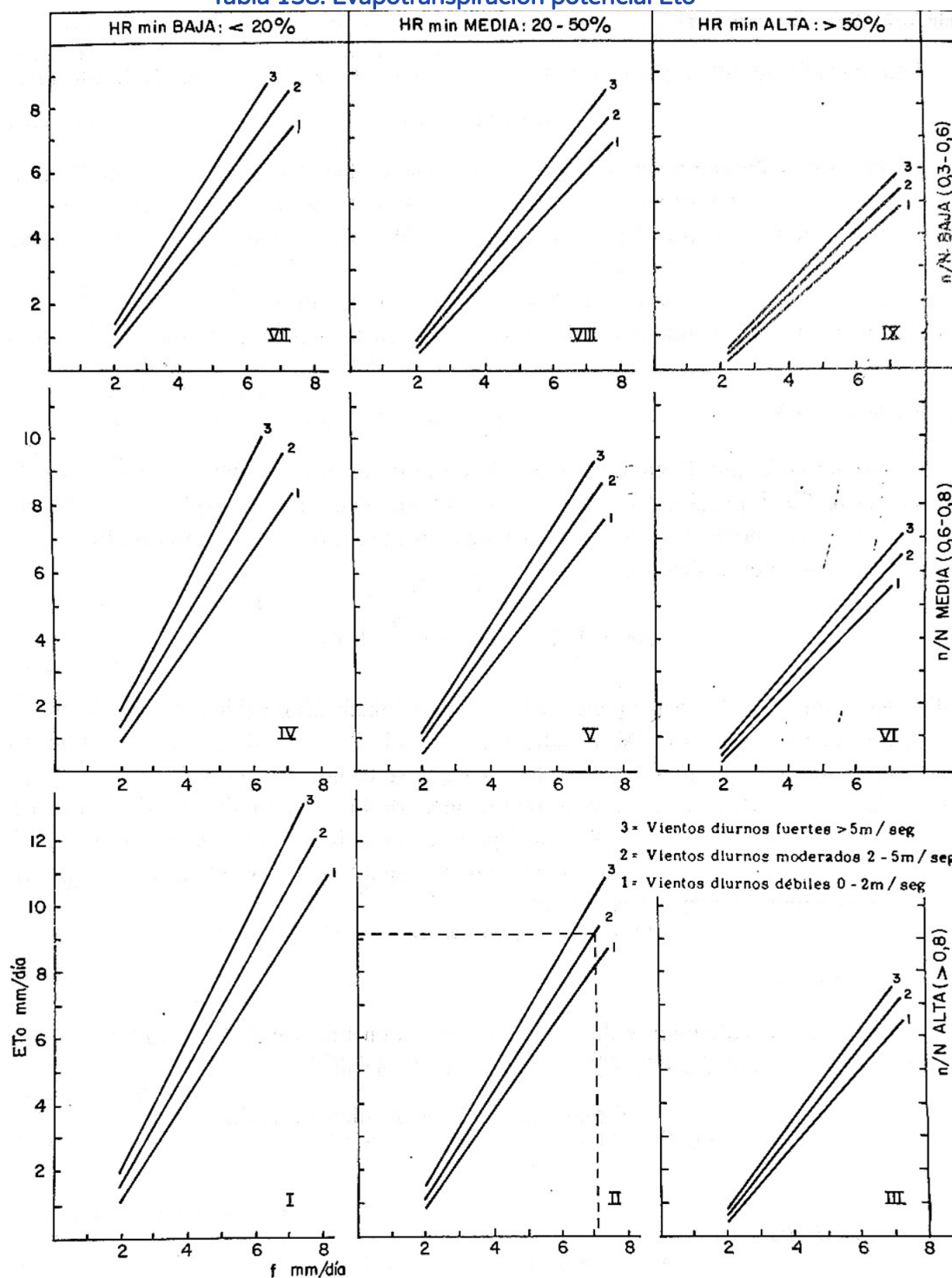


Fig. 2-1 Predicción de la Eto (eje de ordenadas) a partir del factor f de Blaney-Criddle (eje de abscisas), para diferentes condiciones de humedad relativa mínima, horas de insolación diarias y vientos diurnos (FAO).

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 159. Factor de evapotranspiración potencial MF (mm/mes)

LAT. SUR	M E S E S											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1.00	2.79	2.12	2.35	2.20	2.14	1.99	2.09	2.22	2.26	2.36	2.23	2.27
2.00	2.37	2.14	2.36	2.18	2.11	1.96	2.05	2.19	2.25	2.37	2.26	2.30
3.00	2.35	2.15	2.36	2.17	2.08	1.92	2.03	2.17	2.25	2.39	2.29	2.34
4.00	2.39	2.17	2.36	2.15	2.05	1.89	1.99	2.15	2.24	2.40	2.32	2.37
5.00	2.42	2.19	2.36	2.13	2.02	1.85	1.96	2.13	2.23	2.41	2.35	2.41
6.00	2.45	2.21	2.36	2.12	1.98	1.82	1.98	2.10	2.23	2.42	2.37	2.44
7.00	2.48	2.22	2.36	2.10	1.96	1.79	1.89	2.08	2.22	2.43	2.40	2.48
8.00	2.51	2.24	2.36	2.08	1.93	1.75	1.86	2.05	2.21	2.44	2.42	2.51
9.00	2.54	2.25	2.36	2.06	1.90	1.72	1.82	2.03	2.20	2.45	2.45	2.54
10.00	2.57	2.27	2.36	2.04	1.86	1.68	1.79	2.00	2.49	2.46	2.47	2.58
11.00	2.60	2.28	2.35	2.02	1.83	1.64	1.75	1.98	2.18	2.47	2.50	2.61
12.00	2.63	2.29	2.35	2.00	1.80	1.61	1.72	1.95	2.17	2.48	2.52	2.64
13.00	2.65	2.31	2.35	1.98	1.77	1.57	1.68	1.92	2.16	2.48	2.54	2.68
14.00	2.68	2.32	2.34	1.96	1.73	1.54	1.65	1.90	2.14	2.49	2.57	2.71
15.00	2.71	2.33	2.33	2.94	1.70	1.50	1.61	1.87	2.13	2.50	2.59	2.74
16.00	2.73	2.34	2.32	1.91	1.67	1.46	1.58	1.84	2.12	2.50	2.61	2.77
17.00	2.76	2.35	2.32	1.89	1.63	1.43	1.54	1.81	2.16	2.50	2.63	2.80
18.00	2.79	2.36	2.31	1.87	2.60	1.39	1.50	1.78	2.09	2.51	2.65	2.83
19.00	2.81	2.37	2.30	1.84	1.56	1.35	1.47	1.75	2.07	2.31	2.67	2.86

Fuente: Método de Hargreaves – Cajamarca 1981

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 160. Duración de las etapas de crecimiento* del cultivo para distintos períodos de siembra y regiones climáticas (días)

Cultivo	Inic. (L _{ini})	Des. (L _{des})	Med (L _{med})	Final (L _{fin})	Total	Fecha de Siembra	Región
a. Hortalizas Pequeñas							
Brécol (Brócoli)	35	45	40	15	135	Sept.	Calif. Desierto, EU
Repollo	40	60	50	15	165	Sept.	Calif. Desierto, EU
Zanahoria	20	30	50/30	20	100	Oct/Ene.	Clima Árido
	30	40	60	20	150	Feb/Mar.	Mediterráneo
	30	50	90	30	200	Oct.	Calif. Desierto, EU
Coliflor	35	50	40	15	140	Sept.	Calif. Desierto, EU
Apio (Céleri)	25	40	95	20	180	Oct.	(Semi)Árido
	25	40	45	15	125	Abril	Mediterráneo
	30	55	105	20	210	Ene.	(Semi)Árido
Crucíferas ¹	20	30	20	10	80	Abril	Mediterráneo
	25	35	25	10	95	Febrero	Mediterráneo
	30	35	90	40	195	Oct/Nov.	Mediterráneo
Lechuga	20	30	15	10	75	Abril.	Mediterráneo
	30	40	25	10	105	Nov/Ene.	Mediterráneo
	25	35	30	10	100	Oct/Nov.	Región Árida
	35	50	45	10	140	Feb.	Mediterráneo
Cebolla (seca)	15	25	70	40	150	Abril	Mediterráneo
	20	35	110	45	210	Oct; Ene.	Región Árida; Calif.
Cebolla (verde)	25	30	10	5	70	Abril/Mayo	Mediterráneo
	20	45	20	10	95	Octubre	Región Árida
	30	55	55	40	180	Marzo	Calif., EU
Cebolla (semilla)	20	45	165	45	275	Sept.	Calif. Desierto, EU
Espinaca	20	20	15/25	5	60/70	Abr; Sep/Oct	Mediterráneo
	20	30	40	10	100	Noviembre	Región Árida
Rábano	5	10	15	5	35	Mar/Abr.	Medit.; Europa
	10	10	15	5	40	Invierno	Región Árida
b. Hortalizas – Familia de las Solanáceas							
Berenjena	30	40	40	20	130\140	Octubre	Región Árida
	30	45	40	25		May/Junio	Mediterráneo
Pimiento Dulce (campana)	25/30	35	40	20	125	Abril/Junio	Europa y Medit.
	30	40	110	30	210	Octubre	Región Árida
Tomate	30	40	40	25	135	Enero	Región Árida
	35	40	50	30	155	Abr/Mayo	Calif., EU
	25	40	60	30	155	Enero	Calif. Desierto, EU
	35	45	70	30	180	Oct/Nov.	Región Árida
	30	40	45	30	145	Abril/Mayo	Mediterráneo
c. Hortalizas - Familia de las Cucurbitáceas							
Melón	30	45	35	10	120	Enero	Calif., EU
	10	60	25	25	120	Ago.	Calif., EU
Pepino	20	30	40	15	105	Junio/Ago.	Región Árida
	25	35	50	20	130	Nov; Feb.	Región Árida
Calabaza de Invierno	20	30	30	20	100	Mar, Ago.	Mediterráneo
	25	35	35	25	120	Junio	Europa
Calabacín (zucchini)	25	35	25	15	100	Abr; Dic.	Medit.; Reg. Árida
	20	30	25	15	90	May/Junio	Medit.; Europa

* Las duraciones de las etapas de crecimiento presentadas en este Cuadro son indicativas de condiciones generales, pudiendo variar significativamente de región a región, con las condiciones climáticas y de cultivo, y con la variedad del cultivo. Se recomienda al usuario obtener información local apropiada.

¹ Las crucíferas incluyen repollo, coliflor, brócoli y col de Bruselas. El amplio rango de duraciones de la temporada productiva es debido a diferencias en variedades y especies.

(Continuación)

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Cultivo	Inic. (L _{ini})	Des. (L _{des})	Med, (L _{med})	Final (L _{fin})	Total	Fecha de Siembra	Región
Melón Dulce	25	35	40	20	120	Mayo	Mediterráneo
	30	30	50	30	140	Marzo	Calif., EU
	15	40	65	15	135	Ago	Calif. Desierto, EU
	30	45	65	20	160	Dic/Ene.	Región Árida
Sandía	20	30	30	30	110	Abril	Italia
	10	20	20	30	80	May/Ago.	Cercano Este (desierto)
d. Raíces y Tubérculos							
Remolacha, mesa	15	25	20	10	70	Abr/Mayo	Mediterráneo
	25	30	25	10	90	Feb/Mar.	Mediterráneo & Árido
Mandioca o Yuca:							
año 1	20	40	90	60	210	Periodo	Regiones Tropicales
año 2	150	40	110	60	360	Lluvioso	
Patata o Papa	25	30	30/45	30	115/130	Ene/Nov.	Clima (Semi)Árido
	25	30	45	30	130	Mayo	Clima continental
	30	35	50	30	145	Abril	Europa
	45	30	70	20	165	Abr/Mayo	Idaho, EU
	30	35	50	25	140	Dic.	Calif. Desierto, EU
Camote o Batata	20	30	60	40	150	Abril	Mediterráneo
	15	30	50	30	125	Periodo Lluvioso	Regiones Tropicales
Remolacha azucarera	30	45	90	15	180	Marzo	Calif., EU
	25	30	90	10	155	Junio	Calif., EU
	25	65	100	65	255	Sept.	Calif. Desierto, EU
	50	40	50	40	180	Abril	Idaho, EU
	25	35	50	50	160	Mayo	Mediterráneo
	45	75	80	30	230	Noviembre	Mediterráneo
	35	60	70	40	205	Noviembre	Regiones Áridas
e. Leguminosas (Leguminosae)							
Judías, o Frijoles (verdes)	20	30	30	10	90	Feb/Mar.	Calif., Mediterráneo
	15	25	25	10	75	Ago/Sep.	Calif., Egipto, Líbano
Judías o Frijoles (secos)	20	30	40	20	110	May/Junio	Climas Continentales
	15	25	35	20	95	Junio	Pakistán, Calif.
	25	25	30	20	100	Junio	Idaho, EU
Habas - secas - verdes	15	25	35	15	90	Mayo	Europa
	20	30	35	15	100	Mar/Abr	Mediterráneo
	90	45	40	60	235	Nov.	Europa
	90	45	40	0	175	Nov.	Europa
Caupís (cowpeas)	20	30	30	20	110	Marzo	Mediterráneo
Cacahuete o Maní	25	35	45	25	130	Periodo seco	Oeste de África
	35	35	35	35	140	Mayo	Latitudes Altas
	35	45	35	25	140	May/Junio	Mediterráneo
Lentejas	20	30	60	40	150	Abril	Europa
	25	35	70	40	170	Oct/Nov.	Región Árida
Guisantes o arveja	15	25	35	15	90	Mayo	Europa
	20	30	35	15	100	Mar/Abr.	Mediterráneo
	35	25	30	20	110	Abril	Idaho, EU
Soya o soja	15	15	40	15	85	Dic.	Trópicos
	20	30/35	60	25	140	Mayo	Centro de EU
	20	25	75	30	150	Junio	Japón

(Continuación)

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Cultivo	Inic. (L _{ini})	Des. (L _{des})	Med (L _{med})	Final (L _{fin})	Total	Fecha de Siembra	Región
f. Hortalizas perennes (con letargo invernal y suelo inicialmente desnudo o con mantillo)							
Alcachofa	40 20	40 25	250 250	30 30	360 325	Abr. (1 ^{er} año) May. (2 ^{do} año)	California (cortada en Mayo)
Espárragos	50 90	30 30	100 200	50 45	230 365	Feb. Feb.	Invierno cálido Mediterráneo
g. Cultivos textiles							
Algodón	30 45 30 30	50 90 50 50	60 45 60 55	55 45 55 45	195 225 195 180	Mar.–Mayo Marzo Sept. Abril	Egipto; Pakistán; Cal. Calif. Desierto, EU Yemen Texas
Lino	25 30	35 40	50 100	40 50	150 220	Abril Octubre	Europa Arizona
h. Cultivos oleaginosos							
Ricino	25 20	40 40	65 50	50 25	180 135	Marzo Nov.	Climas (semi) Áridos Indonesia
Cártamo	20 25 35	35 35 55	45 55 60	25 30 40	125 145 190	Abril Marzo Oct/Nov.	California, EU Latitudes Altas Región Árida
Sésamo	20	30	40	20	110	Junio	China
Girasol	25	35	45	25	130	Abril/Mayo	Medit.; California
i. Cereales							
Cebada/Avena/Trigo	15 20 15 40 40 20	25 25 30 30 60 50	50 60 65 40 60 60	30 30 40 20 40 30	120 135 150 130 200 160	Noviembre Marzo/Abril Julio Abril Noviembre Diciembre	India Central 35–45 °L Este de África
Trigo de invierno	20 ² 30 160	60 ² 140 75	70 40 75	30 30 25	180 240 335	Diciembre Noviembre Octubre	Calif.; EU Mediterráneo Idaho, EU
Granos (pequeños)	20 25	30 35	60 65	40 40	150 165	Abril Oct./Nov.	Mediterráneo Pakistán; Reg. Árida
Maíz (grano)	30 25 20 20 30 30	50 40 35 35 40 40	60 45 40 40 50 50	40 30 30 30 30 50	180 140 125 125 150 170	Abril Dic./Ene. Junio Octubre Abril Abril	Este de África (alt.) Clima Árido Nigeria (húmedo) India (seco, frío) España (prim,ver); Calif. EU Idaho, EU
Maíz (dulce)	20 20 20 30 20	20 25 30 30 40	30 25 50/30 30 70	10 10 10 10 ³ 10	80 80 90 110 140	Marzo May./Junio Oct./Dic. Abril Ene.	Filipinas Mediterráneo Clima Árido Idaho, EU Calif. Desierto, EU
Mijo	15 20	25 30	40 55	25 35	105 140	Junio Abril	Pakistán Centro de EU

² Estos períodos para el trigo de invierno se incrementarán en climas de nieve y heladas de acuerdo a los días de crecimiento potencial nulo y letargo del trigo. Bajo condiciones generales y cuando no se disponga de información local, la siembra del trigo de invierno en otoño puede suponerse que ocurre, en climas templados del norte, cuando el promedio de la temperatura media diaria del aire durante un período de 10 días consecutivos sea igual o inferior a los 17 °C, o en Diciembre 1, cualquiera que se produzca primero. Se puede suponer que la siembra del trigo de primavera ocurre cuando el promedio de la temperatura media diaria del aire durante un período de 10 días consecutivos sea igual o superior a los 5 °C. Se puede asumir que la siembra del maíz-grano en primavera ocurre cuando el promedio de la temperatura media diaria del aire durante un período de 10 días consecutivos sea igual o superior a 13 °C.

³ La etapa final del maíz dulce será alrededor de 35 días si el maíz se deja madurar y secar.

(Continuación)

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Cultivo	Inic. (L _{ini})	Des. (L _{des})	Med. (L _{med})	Final (L _{fin})	Total	Fecha de Siembra	Región
Sorgo	20 20	35 35	40 45	30 30	125 130	Mayo/Jun. Mar/Abril	EU, Pakistán., Med. Región Árida
Arroz	30 30	30 30	60 80	30 40	150 180	Dic; Mayo Mayo	Trópicos; Mediterráneo Trópicos
j. Forrajes							
Alfalfa, temporada completa ⁴	10	30	varía	varía	varía		último -4°C (primavera) hasta primer -4°C (otoño)
Alfalfa ⁴ 1er ciclo de corte	10 10	20 30	20 25	10 10	60 75	Enero Abril (último -4°C)	Calif., EU. Idaho, EU.
Alfalfa ⁴ , otros ciclos de corte	5 5	10 20	10 10	5 10	30 45	Marzo Junio	Calif., EU. Idaho, EU.
Bermuda para Semilla	10	25	35	35	105	Marzo	Calif. Desierto, EU
Bermuda, heno (distintos cortes)	10	15	75	35	135	---	Calif. Desierto, EU
Pastos, Gramas ⁴	10	20	--	--	--		7 días antes del último - 4°C (primavera) hasta 7 días después del primer -4°C (otoño)
Pasto del Sudán, 1er corte	25	25	15	10	75	Abril	Calif. Desierto, EU
Sudán, otros ciclos de corte	3	15	12	7	37	Junio	Calif. Desierto, EU
k. Caña de Azúcar							
Caña de Azúcar, virgen	35 50 75	60 70 105	190 220 330	120 140 210	405 480 720		Latitudes Bajas Trópicos Hawái, EU
Caña de Azúcar, soca	25 30 35	70 50 105	135 180 210	50 60 70	280 320 420		Latitudes Bajas Trópicos Hawái, EU
l. Frutas Tropicales y Árboles							
Banana, 1 ^{er} año	120	90	120	60	390	Marzo	Mediterráneo
Banana, 2 ^{do} año	120	60	180	5	365	Feb.	Mediterráneo
Piña	60	120	600	10	790		Hawái, EU
m. Uvas y Moras							
Uvas	20 20 20 30	40 50 50 60	120 75 90 40	60 60 20 80	240 205 180 210	Abril Marzo Mayo Abril	Latitudes Bajas Calif., EU Latitudes Altas Latitudes Medias (vino)
Lúpulo	25	40	80	10	155	Abril	Idaho, EU
n. Árboles Frutales							
Cítricos	60	90	120	95	365	Ene.	Mediterráneo
Huerto de árboles caducifolios	20 20 30	70 70 50	90 120 130	30 60 30	210 270 240	Marzo Marzo Marzo	Latitudes Altas Latitudes Bajas Calif., EU

⁴ En climas donde ocurre la muerte del cultivo por heladas, las temporadas productivas de la alfalfa y el pasto pueden ser estimadas como:
alfalfa: último día con -4°C en primavera hasta primer día con -4°C en otoño (Everson, D.O., M. Faubion y D.E. Amos 1978. «Freezing temperatures and growing seasons in Idaho.» Univ. Idaho Agric. Exp. Station bulletin 494. 18 p.)

pasto: 7 días antes del último día con -4°C en primavera y 7 días después del último día con -4°C en otoño (Kruse E.G. y Haise, H.R. 1974.

«Water use by native grasses in high altitude Colorado meadows.» USDA Agric. Res. Service, Western Region report ARS-W-6-1974. 60 páginas)

(Continuación)

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Cultivo	Inic. (L _{ini})	Des. (L _{des})	Med, (L _{med})	Final (L _{fin})	Total	Fecha de Siembra	Región
Olivos	20	90	60	90	270 ⁵	Marzo	Mediterráneo
Pistachos	20	60	30	40	150	Feb.	Mediterráneo
Nogal (nueces)	20	10	130	30	190	Abril	Utah, EU
o. Humedales – Climas Templados							
Humedales (Anea, Junco)	10 180	30 60	80 90	20 35	140 365	Mayo Noviembre	Utah, EU; heladas Florida, EU
Humedales (veg. baja)	180	60	90	35	365	Noviembre	Clima sin heladas

⁵ Los árboles de olivo obtienen hojas nuevas en Marzo. Vea nota de pie de página 24 del Cuadro 12 para información adicional, donde el Kc continua fuera del «período de crecimiento».

Fuente principal: Publicación de Riego y Drenaje FAO 24 (Doorenbos y Pruitt, 1977), Cuadro 22.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 161. Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo, K_c y alturas medias máximas de las plantas para cultivos no estresados y bien manejados en climas sub-húmedos ($HR_{mín}=45\%$, $U_2=2$ m/s) para usar en la fórmula de la FAO Penman Monteith ETo.

Cultivo	$K_{c\ ini}^1$	$K_{c\ med}$	$K_{c\ fin}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
a. Hortalizas Pequeñas	0,7	1,05	0,95	
Brécol (Brócoli)		1,05	0,95	0,3
Col de Bruselas		1,05	0,95	0,4
Repollo		1,05	0,95	0,4
Zanahoria		1,05	0,95	0,3
Coliflor		1,05	0,95	0,4
Apio (Céleri)		1,05	1,00	0,6
Ajo		1,00	0,70	0,3
Lechuga		1,00	0,95	0,3
Cebolla		1,05	0,75	0,4
– seca		1,00	1,00	0,3
– verde		1,05	0,80	0,5
Espinaca		1,00	0,95	0,3
Rábano		0,90	0,85	0,3
b. Hortalizas– Familia de la Solanáceas	0,6	1,15	0,80	
Berenjena		1,05	0,90	0,8
Pimiento Dulce (campana)		1,05 ²	0,90	0,7
Tomate		1,15 ²	0,70–0,90	0,6
c. Hortalizas– Familia de las Cucurbitáceas	0,5	1,00	0,80	
Melón	0,5	0,85	0,60	0,3
Pepino				
– Cosechado Fresco	0,6	1,00 ²	0,75	0,3
– Cosechado a Máquina	0,5	1,00	0,90	0,3
Calabaza de Invierno		1,00	0,80	0,4
Calabacín (zucchini)		0,95	0,75	0,3
Melón dulce		1,05	0,75	0,4
Sandía	0,4	1,00	0,75	0,4
d. Raíces y Tubérculos	0,5	1,10	0,95	
Remolacha, mesa		1,05	0,95	0,4
Yuca o Mandioca				
– año 1	0,3	0,80 ³	0,30	1,0
– año 2	0,3	1,10	0,50	1,5
Chirivía	0,5	1,05	0,95	0,4
Patata o Papa		1,15	0,75 ⁴	0,6
Camote o Batata		1,15	0,65	0,4
Nabos (Rutabaga)		1,10	0,95	0,6
Remolacha Azucarera	0,35	1,20	0,70 ⁵	0,5

¹ Estos son valores generales de $K_{c\ ini}$ considerando un manejo típico del riego y humedecimiento del suelo. Para humedecimientos frecuentes, tal como en el caso de riego por aspersión de alta frecuencia o lluvia diaria, estos valores pueden aumentar sustancialmente pudiendo acercarse a 1,0 a 1,2. El valor de $K_{c\ ini}$ es una función del intervalo de humedecimiento y la tasa potencial de evaporación durante las etapas inicial y de desarrollo del cultivo, siendo estimado con mayor exactitud a través de las Figuras 29 y 30, o la Ecuación 7-3 del Anexo 7, o usando el coeficiente dual $K_{c\ ab\ ini} + K_e$. Utilice el valor de $K_{c\ ini}$ para el grupo cuando no aparece un valor de $K_{c\ ini}$ para el cultivo.

² En algunas oportunidades, los Frijoles o judías, Guisantes, Leguminosas, Tomates, Pimientos y Pepinos son cultivados utilizando empalizadas que alcanzan los 1,5 a 2 metros de altura. En estos casos es necesario incrementar los valores de $K_{c\ fin}$. Para frijoles o judías verdes, pimentones y pepinos se puede asumir un valor de 1,15 y en el caso de los tomates, frijoles secos y los guisantes, de 1,20. Bajo esas condiciones también debe aumentarse el valor de h.

³ Los valores correspondientes a la etapa de mediados de temporada para la mandioca, asumen condiciones de no-estrés durante o después de la temporada lluviosa. Los valores de $K_{c\ fin}$ toman en cuenta el letargo durante la estación seca.

⁴ El valor de $K_{c\ fin}$ para papas o patatas de ciclo largo con rotura de los estolones es alrededor de 0,40.

⁵ El valor de $K_{c\ fin}$ corresponde a condiciones sin riego durante el último mes de la temporada productiva. El valor de $K_{c\ fin}$ para la remolacha azucarera es mayor, hasta 1,0, cuando ocurra riego o lluvias significativas durante el último mes.

(Continuación)

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Cultivo	$K_c \text{ ini}^1$	$K_c \text{ med}$	$K_c \text{ fin}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
e. Leguminosas (Leguminosae)	0,4	1,15	0,55	
Frijoles o judías, verdes	0,5	1,05 ²	0,90	0,4
Frijoles o judías, secos y frescos	0,4	1,15 ²	0,35	0,4
Garbanzo (chick pea)		1,00	0,35	0,4
Habas – Fresco	0,5	1,15 ²	1,10	0,8
– Seco/Semilla	0,5	1,15 ²	0,30	0,8
Garbanzo hindú	0,4	1,15	0,35	0,8
Caupis (cowpeas)		1,05	0,60-0,35 ⁶	0,4
Maní		1,15	0,60	0,4
Lentejas		1,10	0,30	0,5
Guisantes o arveja – Frescos	0,5	1,15 ²	1,10	0,5
– Secos/Semilla		1,15	0,30	0,5
Soya		1,15	0,50	0,5-1,0
f. Hortalizas perennes (con letargo invernal y suelo inicialmente desnudo o con mantillo)	0,5	1,00	0,80	
Alcachofa	0,5	1,00	0,95	0,7
Espárragos	0,5	0,95 ⁷	0,30	0,2-0,8
Menta	0,60	1,15	1,10	0,6-0,8
Fresas	0,40	0,85	0,75	0,2
g. Cultivos Textiles	0,35			
Algodón		1,15-1,20	0,70-0,50	1,2-1,5
Lino		1,10	0,25	1,2
Sisal ⁸		0,4-0,7	0,4-0,7	1,5
h. Cultivos Oleaginosos	0,35	1,15	0,35	
Ricino		1,15	0,55	0,3
Canola (colza)		1,0-1,15 ⁹	0,35	0,6
Cártamo		1,0-1,15 ⁹	0,25	0,8
Sésamo (ajonjolí)		1,10	0,25	1,0
Girasol		1,0-1,15 ⁹	0,35	2,0
i. Cereales	0,3	1,15	0,4	
Cebada		1,15	0,25	1
Avena		1,15	0,25	1
Trigo de Primavera		1,15	0,25-0,4 ¹⁰	1
Trigo de Invierno – con suelos congelados	0,4	1,15	0,25-0,4 ¹⁰	1
– con suelos no-congelados	0,7	1,15	0,25-0,4 ¹⁰	1
Maíz, (grano)		1,20	0,60,0,35 ¹¹	2
Maíz, (dulce)		1,15	1,05 ¹²	1,5
Mijo		1,00	0,30	1,5
Sorgo – grano		1,00-1,10	0,55	1-2
– dulce		1,20	1,05	2-4
Arroz	1,05	1,20	0,90-0,60	1

⁶ EL primer valor de $K_c \text{ fin}$ es cuando se cosecha fresco. El segundo valor es cuando se cosecha seco.

⁷ El valor de K_c para los espárragos permanece como $K_c \text{ ini}$ durante la cosecha de los vástagos, debido a las condiciones de poca cobertura vegetal. El valor de $K_c \text{ med}$ es para después del re-crecimiento de la vegetación, después de terminada la cosecha de los vástagos.

⁸ El valor de K_c para sisal depende de la densidad de siembra y el manejo del agua (ósea, del estrés hídrico intencional).

⁹ Los valores menores son para cultivos de secano los cuales tienen una menor densidad de población vegetal.

¹⁰ El valor mayor es para cultivos cosechados a mano.

¹¹ El primer valor de $K_c \text{ fin}$ corresponde a los casos donde el cultivo se cosecharon gran humedad en el grano. El segundo valor de $K_c \text{ fin}$ es para cuando se cosecha después de un secado completo del grano en el campo (hasta alrededor de 18% de humedad, basado en materia húmeda).

¹² Si se cosecha en fresco para consumo humano. Usar el valor de $K_c \text{ fin}$ para maíz de campo si el maíz dulce es dejado madurar y secar en el campo.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

(Continuación)

Cultivo		$K_{c\text{ ini}}^1$	$K_{c\text{ med}}$	$K_{c\text{ fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
j. Forrajes					
Alfalfa (heno)	– efecto promedio de los cortes	0,40	0,95 ¹³	0,90	0,7
	– periodos individuales de corte	0,40 ¹⁴	1,20 ¹⁴	1,15 ¹⁴	0,7
	– para semilla	0,40	0,50	0,50	0,7
Bermuda (heno)	– efecto promedio de los cortes	0,55	1,00 ¹³	0,85	0,35
	– cultivo para semilla (primavera)	0,35	0,90	0,65	0,4
Trébol heno, Bersím	– efecto promedio de los cortes	0,40	0,90 ¹³	0,85	0,6
	– periodos individuales de corte	0,40 ¹⁴	1,15 ¹⁴	1,10 ¹⁴	0,6
Rye Grass (heno)	– efecto promedio de los cortes	0,95	1,05	1,00	0,3
Pasto del Sudán (anual)	– efecto promedio de los cortes	0,50	0,90 ¹⁴	0,85	1,2
	– periodo individual de corte	0,50 ¹⁴	1,15 ¹⁴	1,10 ¹⁴	1,2
Pastos de Pastoreo	– pastos de rotación	0,40	0,85-1,05	0,85	0,15-0,30
	– pastoreo extensivo	0,30	0,75	0,75	0,10
Pastos (césped, turfgrass)	– época fría ¹⁵	0,90	0,95	0,95	0,10
	– época caliente ¹⁵	0,80	0,85	0,85	0,10
k. Caña de azúcar		0,40	1,25	0,75	3
l. Frutas Tropicales y Árboles					
Banana	– 1 ^{er} año	0,50	1,10	1,00	3
	– 2 ^{do} año	1,00	1,20	1,10	4
Cacao		1,00	1,05	1,05	3
Café	– suelo sin cobertura	0,90	0,95	0,95	2-3
	– con malezas	1,05	1,10	1,10	2-3
Palma Datilera		0,90	0,95	0,95	8
Palmas		0,95	1,00	1,00	8
Piña ¹⁶	– suelo sin cobertura	0,50	0,30	0,30	0,6-1,2
	– con cobertura de gramíneas	0,50	0,50	0,50	0,6-1,2
Árbol del Caucho		0,95	1,00	1,00	10
Té	– no sombreado	0,95	1,00	1,00	1,5
	– sombreado ¹⁷	1,10	1,15	1,15	2
m. Uvas y Moras					
Moras (arbusto)		0,30	1,05	0,50	1,5
Uvas	– Mesa o secas (pasas)	0,30	0,85	0,45	2
	– Vino	0,30	0,70	0,45	1,5-2
Lúpulo		0,3	1,05	0,85	5

¹³ Los valores de $K_{c\text{ med}}$ para cultivos destinados a heno son un promedio general que incluyen valores promedios de K_c para antes y después de los cortes. Este se aplica para el lapso que sigue al período de desarrollo inicial hasta el inicio de la etapa final de la temporada de crecimiento.

¹⁴ Estos valores del coeficiente K_c para cultivos de heno se aplican inmediatamente después del corte; en cobertura completa; e inmediatamente antes del corte, respectivamente. La temporada de crecimiento se define como una serie de periodos individuales de corte (Figura 35).

¹⁵ Variedades de pastos de temporada fría incluyen sitios cultivados densamente con bluegrass, ryegrass y fescue. Variedades de temporada cálida incluyen pastos tipo bermuda y St. Agostine. El valor de 0,95 para pastos de época fría representa un 0,06 a 0,08 m de altura de corte, bajo condiciones normales de césped. Cuando se practica un manejo cuidadoso del agua y no se requiere de un crecimiento rápido, se puede reducir los valores de K_c para césped a 0,10.

¹⁶ La planta de piña posee una muy baja transpiración debido a que la misma cierra sus estomas durante el día y los abre durante la noche. Por lo tanto la mayor parte de la ET_c en la piña esta constituida por la evaporación que ocurre en el suelo. El valor de $K_{c\text{ med}} < K_{c\text{ ini}}$ debido a que $K_{c\text{ med}}$ ocurre en condiciones de completa cobertura del suelo, por lo que la evaporación en el suelo será menor. Los valores indicados asumen que un 50% de la superficie del suelo se encuentra cubierta por una cobertura de plástico negro y que el cultivo es regado a través de riego por aspersión. En el caso de riego por goteo por debajo de la cubierta plástica, los valores de K_c pueden ser reducidos a 0,10.

¹⁷ Incluye el requerimiento de agua de los árboles bajo sombra.

(Continuación)

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Cultivo	$K_{c\text{ ini}}^1$	$K_{c\text{ med}}$	$K_{c\text{ fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
n. Árboles Frutales				
Almendras, sin cobertura del suelo	0,40	0,90	0,65 ¹⁸	5
Manzanas, Cerezas, Peras ¹⁹				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,95	0,70 ¹⁸	4
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,60	0,95	0,75 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,20	0,95 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,20	0,85 ¹⁸	4
Albaricoque, Melocotón o Durazno, Drupas ^{19, 20}				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,90	0,65 ¹⁸	3
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,55	0,90	0,65 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,15	0,90 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,15	0,85 ¹⁸	3
Aguacate, sin cobertura del suelo	0,60	0,85	0,75	3
Cítricos, sin cobertura del suelo ²¹				
– 70% cubierta vegetativa	0,70	0,65	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,65	0,60	0,65	3
– 20% cubierta vegetativa	0,50	0,45	0,55	2
Cítricos, con cobertura activa del suelo o malezas ²²				
– 70% cubierta vegetativa	0,75	0,70	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,80	0,80	0,80	3
– 20% cubierta vegetativa	0,85	0,85	0,85	2
Coníferas ²³	1,00	1,00	1,00	10
Kiwi	0,40	1,05	1,05	3
Olivos (40 a 60% de cobertura del suelo por el dosel) ²⁴	0,65	0,70	0,70	3-5
Pistachos, sin cobertura del suelo	0,40	1,10	0,45	3-5
Huerto de Nogal ¹⁹	0,50	1,10	0,65 ¹⁸	4-5

¹⁸ Estos valores de $K_{c\text{ fin}}$ son representativos del K_c antes de la caída de las hojas. Después de la caída de las hojas, $K_{c\text{ fin}} \approx 0,20$ para suelo descubierto y seco, o para cobertura muerta del suelo y $K_{c\text{ fin}} \approx 0,50$ a $0,80$ para cobertura activa y en desarrollo (consultar el Capítulo 11).

¹⁹ Referirse a la Ec. 94, 97 o 98 y notas de pie de página 21 y 22, para estimar K_c para sitios con cultivos inmaduros.

²⁰ La categoría de las drupas es aplicable a los melocotones o duraznos, albaricoques, peras, ciruelas y pacanas.

²¹ Estos valores de K_c pueden ser calculados a partir de la Ec. 98 para $K_{c\text{ min}} = 0,15$ y $K_{c\text{ full}} = 0,75$, $0,70$ y $0,75$ para las etapas inicial, mediados de temporada y final de la temporada, y $f_{c\text{ eff}} = f_c$ donde f_c = fracción del suelo cubierto por el dosel del árbol (se asume que el sol se encuentra directamente por encima). Los valores tabulados corresponden a los indicados por Doorenbos y Pruitt (1977) y los obtenidos en mediciones recientes. El valor correspondiente a la etapa de mediados de temporada es menor que los correspondientes a las etapas inicial y final debido a los efectos del cierre estomático durante los períodos de máxima ET. Para climas húmedos y semi- húmedos, donde existe un menor control estomático por parte de los cítricos, se pueden incrementar los valores de $K_{c\text{ ini}}$, $K_{c\text{ med}}$ y $K_{c\text{ fin}}$ a $0,1 - 0,2$, según Rogers et al. (1983).

²² Estos valores de K_c pueden ser calculados como $K_c = f_c K_{c\text{ ncs}} + (1 - f_c) K_c\text{ cobertura}$ donde $K_{c\text{ ncs}}$ es el valor de K_c de los cítricos que no poseen cobertura activa del suelo (calculado según la nota a pie de página 21); $K_c\text{ cobertura}$ es el valor de K_c para la cobertura activa del suelo ($0,95$) y f_c es definido en la nota a pie de página 21. Los valores tabulados corresponden con los indicados por Doorenbos y Pruitt (1977) y con mediciones mas recientes. Alternativamente, el valor de K_c para los cítricos con cobertura activa del suelo puede ser estimado directamente a través de la Ec. 98 considerando $K_{c\text{ min}} = K_c\text{ cobertura}$. Para climas húmedos y semi húmedos donde existe un menor control estomático por parte de los cítricos, se pueden incrementar los valores de $K_{c\text{ ini}}$, $K_{c\text{ med}}$ y $K_{c\text{ fin}}$ en un $0,1 - 0,2$, según Rogers et al. (1983).

Para cobertura inactiva o moderadamente activa del suelo (cobertura activa del suelo implica cobertura verde y en crecimiento, con un valor de IAF > 2 a 3 aproximadamente), el valor de K_c deberá ser ponderado entre el valor de K_c correspondiente a la ausencia de cobertura del suelo y el valor de K_c para la cubierta activa del suelo, basando la ponderación en el grado de «verdosidad» y el área foliar aproximada de la cubierta del suelo.

²³ Las coníferas presentan un control estomático significativo debido a su reducida resistencia aerodinámica. Los valores de K_c pueden ser fácilmente inferiores a los presentados, los cuales representan condiciones óptimas de humedecimiento en bosques extensos.

(Continuación)

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Cultivo	$K_{c\text{ ini}}^1$	$K_{c\text{ med}}$	$K_{c\text{ fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
o. Humedales – clima templado				
Anea (Typha), Junco (Scirpus), muerte por heladas	0,30	1,20	0,30	2
Anea, Junco, sin heladas	0,60	1,20	0,60	2
Vegetación pequeña, sin heladas	1,05	1,10	1,10	0,3
Carrizo (Phragmites), con agua sobre el suelo	1,00	1,20	1,00	1-3
Carrizo, suelo húmedo	0,90	1,20	0,70	1-3
p. Especial				
Agua libre, < 2 m de profundidad o en climas sub-húmedos o trópicos		1,05	1,05	
Agua libre, > 5 m de profundidad, sin turbidez, clima templado		0,65 ²⁵	1,25 ²⁵	

²⁴ Estos coeficientes son representativos de una cobertura del suelo entre 40 a 60%. Referirse a la Ec. 98 y notas a pie de página 21 y 22 para estimar el valor de K_c en sitios con vegetación inmadura. En España, Pastor y Orgaz (1994) encontraron los siguientes valores de K_c para huertos de olivos con un 60% de cobertura del suelo: 0,50, 0,50, 0,65, 0,60, 0,55, 0,50, 0,45, 0,45, 0,55, 0,60, 0,65, 0,50 para los meses Enero a Diciembre. Se pueden obtener estos coeficientes utilizando $K_{c\text{ ini}} = 0,65$, $K_{c\text{ med}} = 0,45$, y $K_{c\text{ fin}} = 0,65$, considerando una duración de las etapas inicial, desarrollo, mediados de temporada y final de = 30, 90, 60 y 90 días respectivamente, y utilizando un valor de K_c durante el Invierno («fuera de temporada») desde Diciembre a Febrero = 0,50.

²⁵ Estos valores de K_c corresponden a aguas profundas en latitudes templadas donde se presentan cambios importantes de temperatura en el cuerpo de agua a través del año y donde tanto la evaporación inicial como la máxima son reducidas debido a la absorción de la energía radiante dentro del cuerpo de agua profunda. Durante los periodos de otoño e invierno ($K_{c\text{ fin}}$), el calor es liberado por el cuerpo de agua, lo que genera una evaporación por encima de la evapotranspiración de referencia. Por lo tanto el valor de $K_{c\text{ med}}$ corresponde al periodo donde el cuerpo de agua esta ganando energía térmica y el valor de $K_{c\text{ fin}}$ se produce durante la liberación de energía térmica. Se deberá utilizar estos valores de K_c con suma precaución.

Fuentes principales: $K_{c\text{ ini}}$: Doorenbos y Kassam (1979); $K_{c\text{ med}}$ y $K_{c\text{ fin}}$: Doorenbos y Pruitt (1977); Pruitt (1986); Wright (1981, 1982), Snyder *et al.*, (1989)

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Anexo IV. Cédula de cultivo

COSTO DE PRODUCCION PROYECTO : CULTIVO DE PAPA						
Cultivo:	Papa	Nivel técnico:	Medio			
Jornal: (S/.)	60.00	Hora Máquina: (S/.)	-			
Localidad:		Día yunta: (S/.)	60			
Fecha de elaboración:		Rendimiento (kg/ha)	18,000			
ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	COSTO PRIVADO S/.	Factor corrección	COSTO SOCIAL S/.
I.- COSTOS DIRECTOS.-				13675.00		8357.40
1.- Actividades culturales						
1.1.- Mano de obra:				6,120.00		2,570.40
*Preparación de terreno						
- Riego de machaco	jornal	2.00	60.00	120.00	0.42	50.40
- Desterronado y despaje	jornal	20.00	60.00	1,200.00	0.42	504.00
*Siembra						
- Desinfección de Semilla	jornal	1.00	60.00	60.00	0.42	25.20
- Transporte de semilla	jornal	2.00	60.00	120.00	0.42	50.40
- Siembra	jornal	10.00	60.00	600.00	0.42	252.00
- Aplicación de Fertilizantes y Pesticidas	jornal	4.00	60.00	240.00	0.42	100.80
*Labores culturales						
- 1er aporque: Deshierbo, 2do Abonamiento	jornal	20.00	60.00	1,200.00	0.42	504.00
- Riego	jornal	5.00	60.00	300.00	0.42	126.00
- 2do aporque	jornal	10.00	60.00	600.00	0.42	252.00
*Cosecha						
- Cosechadores	jornal	20.00	60.00	1,200.00	0.42	504.00
- Recojo	jornal	8.00	60.00	480.00	0.42	201.60
- Encostado	jornal	2.00	60.00	120.00	0.42	50.40
1.2.- Mecanización				1,320.00		554.40
- Aradura	Día/yunta	6.00	60.00	360.00	0.42	151.20
- Primera cruz	Día/yunta	6.00	60.00	360.00	0.42	151.20
- Segunda cruz	Día/yunta	4.00	60.00	240.00	0.42	100.80
- Surcado	Día/yunta	6.00	60.00	360.00	0.42	151.20
1.4.- Gastos Especiales				4,315.00		3,656.78
A. Insumos						
- Semilla de papa (yungay, huayro)	kg	2,000.00	1.00	2,000.00	0.85	1,694.92
B. Fertilizantes (180-200-120)						
- Urea	saco	15.00	90.00	1,350.00	0.85	1,144.07
- Fosfato diamónico	kg	150.00	2.30	345.00	0.85	292.37
- Cloruro de Potasio	kg	150.00	2.20	330.00	0.85	279.66
C. Pesticidas						
- Lasser (Methamidofos)	l	0.00	25.00	0.00	0.85	0.00
- Pegasol	l	0.00	15.00	0.00	0.85	0.00
- Ridomil	kg	2.00	80.00	160.00	0.85	135.59
- Furadan (Carbofuran)	kg	2.00	65.00	130.00	0.85	110.17
1.4.- Transporte:				1,920.00		1,575.82
- Carguio de sacos	jornal	2.00	60.00	120.00	0.42	50.40
- Flete	t	18.00	100.00	1,800.00	0.85	1,525.42
II.- COSTOS INDIRECTOS.-				683.75		581.19
2.1 Asistencia directa	%		13,675.00	0.00	0.85	0.00
2.2 Gastos administrativos	%	0.05	13,675.00	683.75	0.85	581.19
III. COSTO TOTAL				14,358.75		8,938.59

Anexo V. Conversión de precios privados a precios sociales



a. Precio Social de la mano de obra

Nivel de Calificación	Lima Metropolitana	Resto de Costa	Sierra	Selva
Calificado	0.85	0.80	0.79	0.82
Semicalificado	0.80	0.65	0.60	0.61
No Calificado	0.80	0.62	0.42	0.50

Fuente: León y García, 2019.

b. Precio Social de la divisa

Parámetro	Factor de corrección
Factor de Corrección de la Divisa	1.08

Fuente: Vasquez y Rodas, 2018.

c. Precio Social del combustible

Parámetro	Factor de corrección
DIESEL	0.735
Gasolina 97	0.622
Gasolina 95	0.626
Gasolina 90	0.672
Gasolina 84	0.676
GLP	0.485
GNV	0.649

d. Factor de corrección de bienes no transables

$$\text{factor de corrección} = \frac{\text{Precio Social de BNT}}{\text{Precio de mercado de BNT}}$$

$$\text{factor de corrección BNT} = \frac{1}{(1 + igv)}$$

$$\text{factor de corrección BNT} = \frac{1}{(1 + 0.18)} = 0.8475$$

e. Factor de corrección de bienes transables

$$\text{factor de corrección BT} = \frac{1}{(1 + igv) * (1 + aranceles)} \times 1.08$$

$$\text{factor de corrección BT} = \frac{1}{(1 + 0.18) * (1 + 0.12)} \times 1.08 = 0.817$$

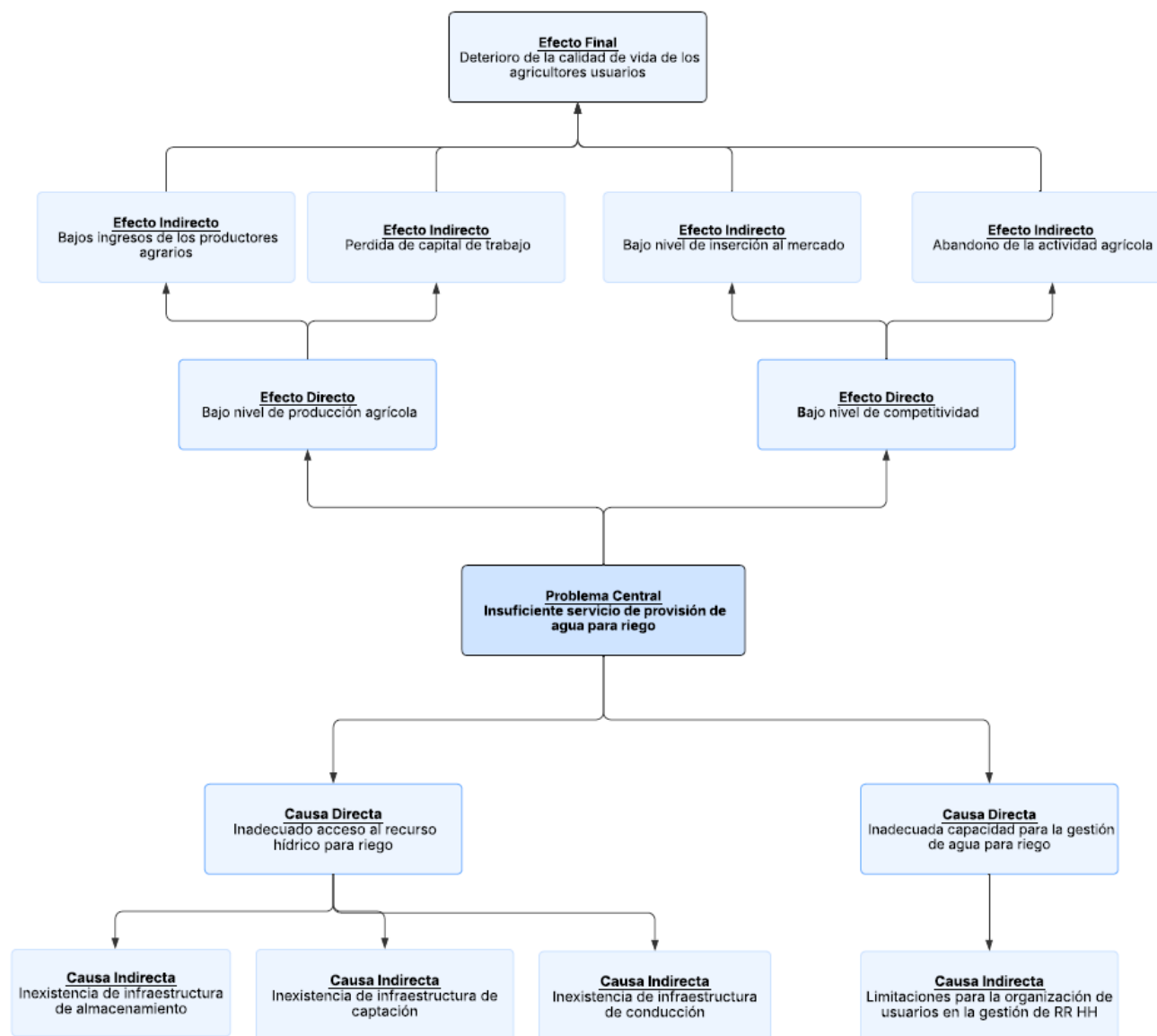
f. Para mano de obra calificada (estudios profesionales, técnicos y especializados)

$$\text{factor de corrección MOC} = \frac{1}{(1 + imp.renta)}$$

$$\text{factor de corrección MOC} = \frac{1}{(1 + 0.08)} = 0.926$$

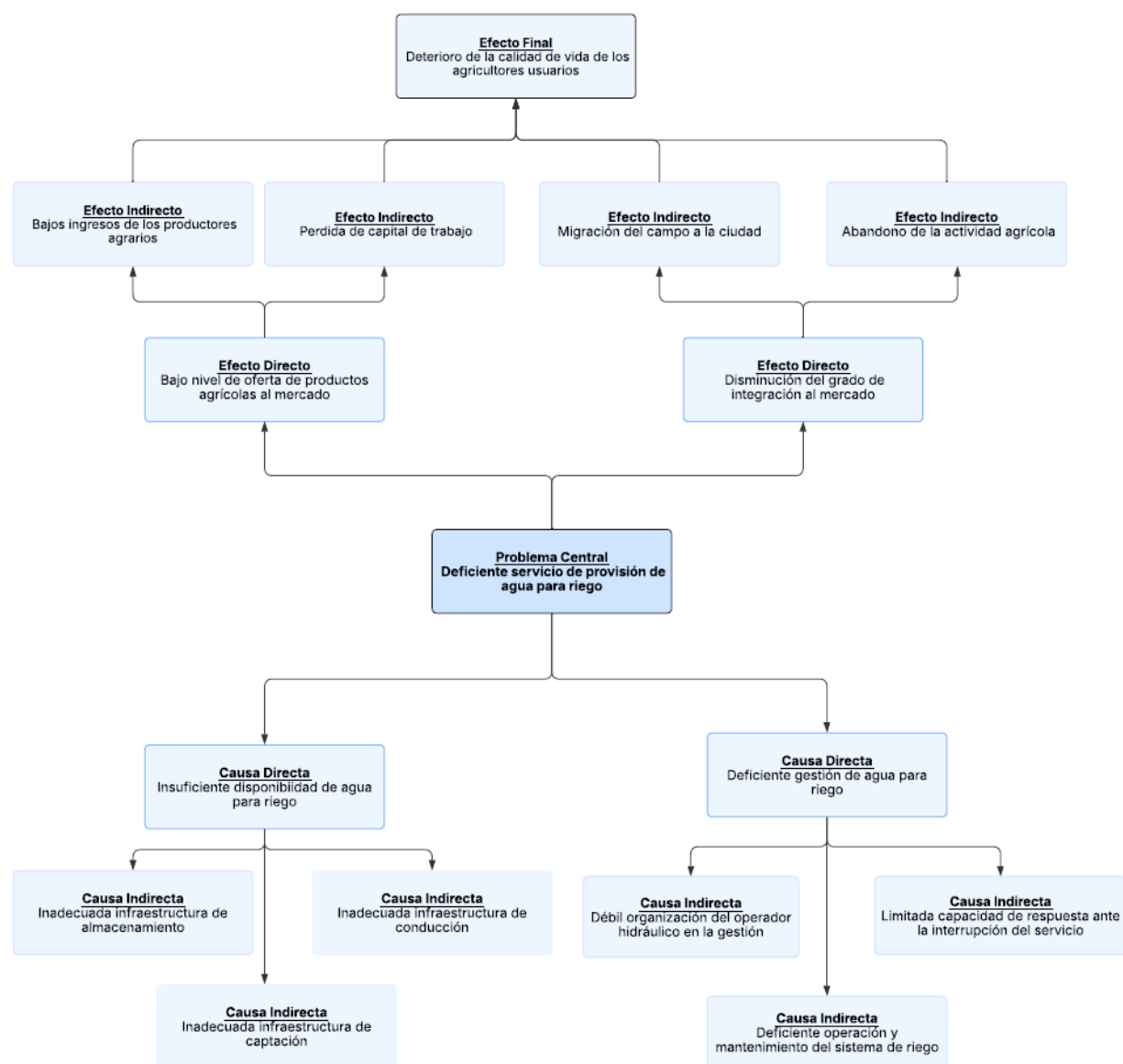
Anexo VI. Árboles de causas y efectos y de medios y fines

Gráfico 68. Árbol de causas y efectos de PI de infraestructura de riego, naturaleza de creación



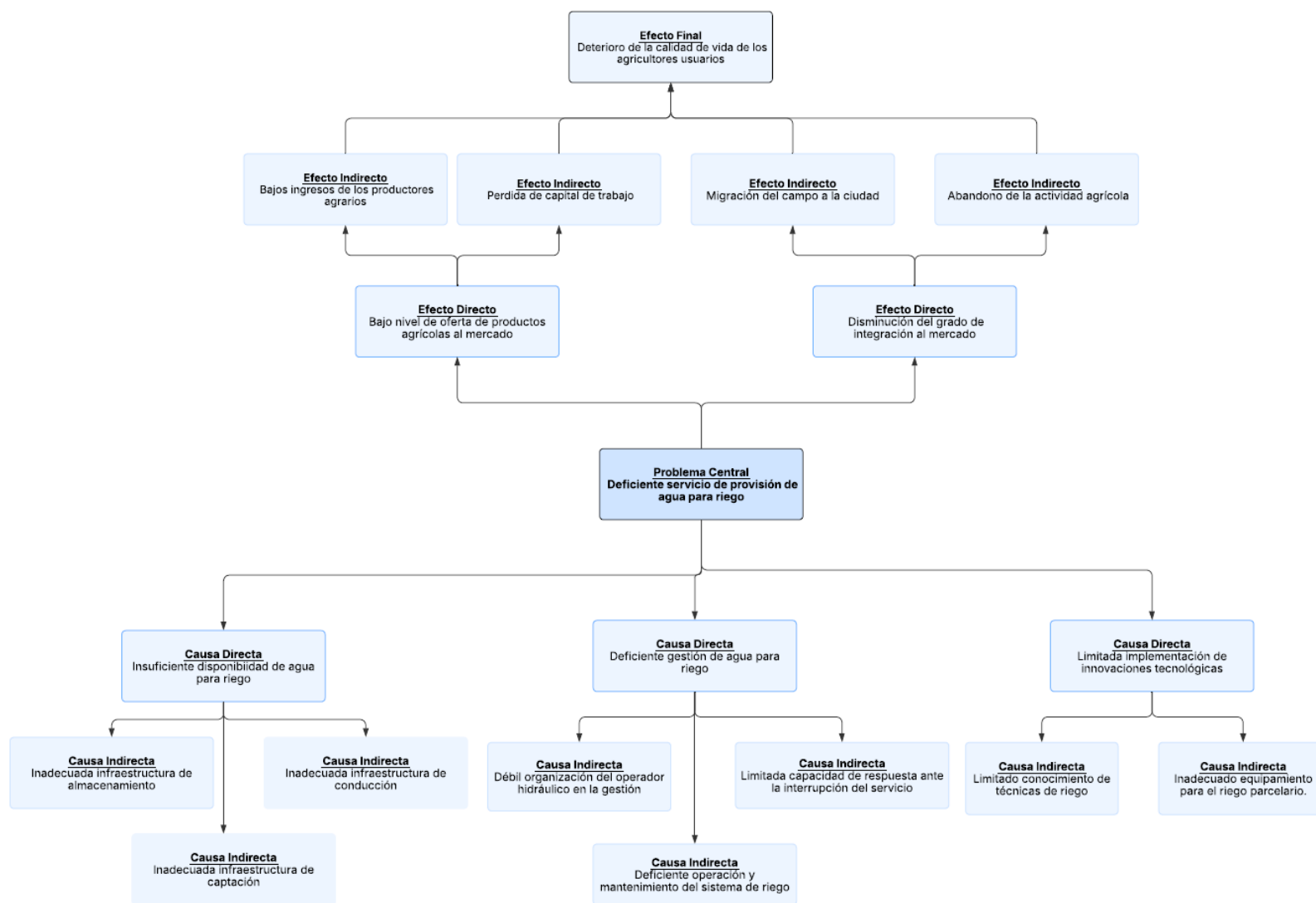
Elaboración propia.

Gráfico 69. Árbol de causas y efectos de PI de infraestructura de riego, naturaleza de mejoramiento



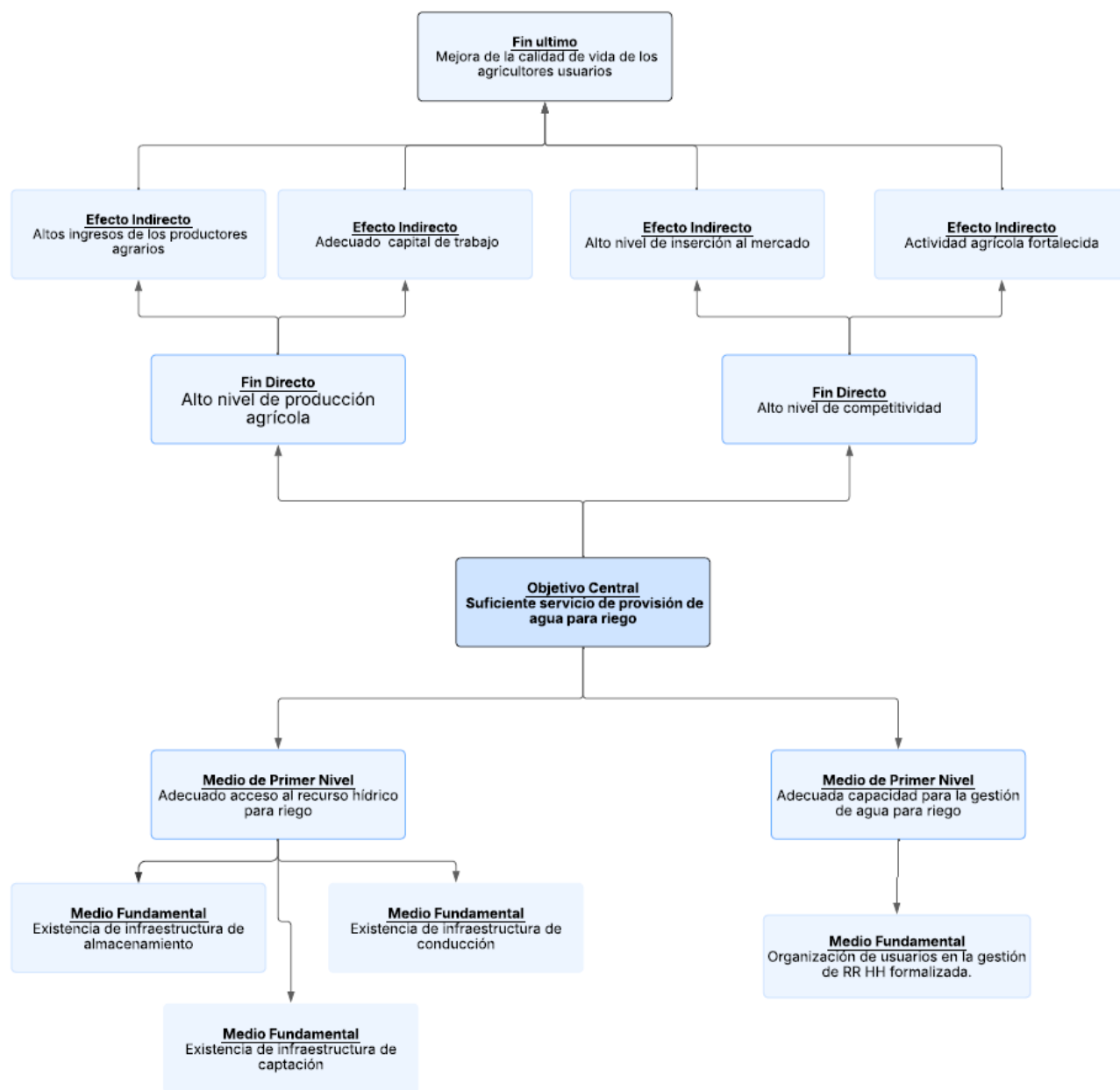
Elaboración propia.

Gráfico 70. Árbol de causas y efectos de PI de riego tecnificado, naturaleza de mejoramiento



Elaboración propia.

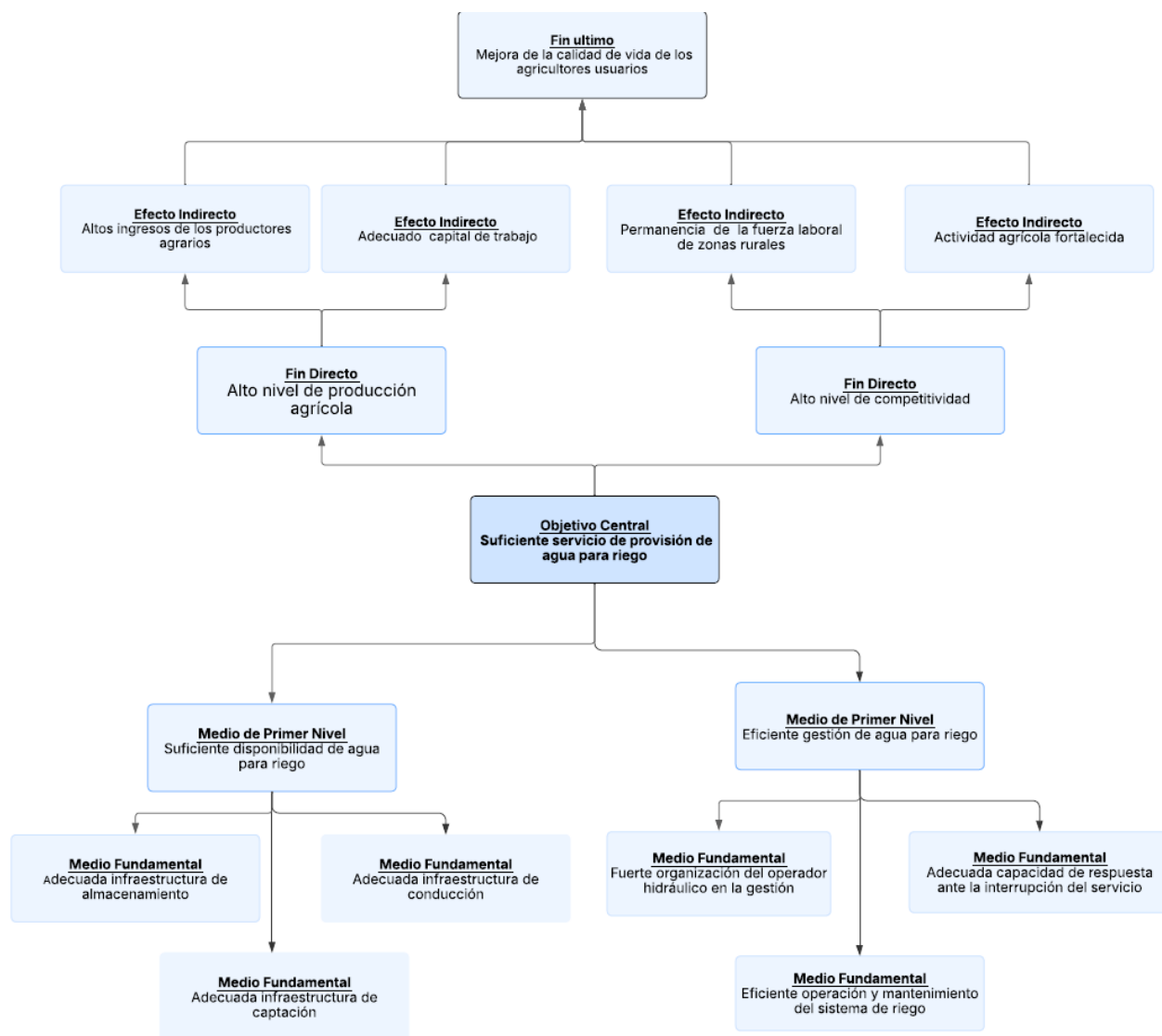
Gráfico 71. Árbol de medios y fines de PI de infraestructura de riego, naturaleza de creación



Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

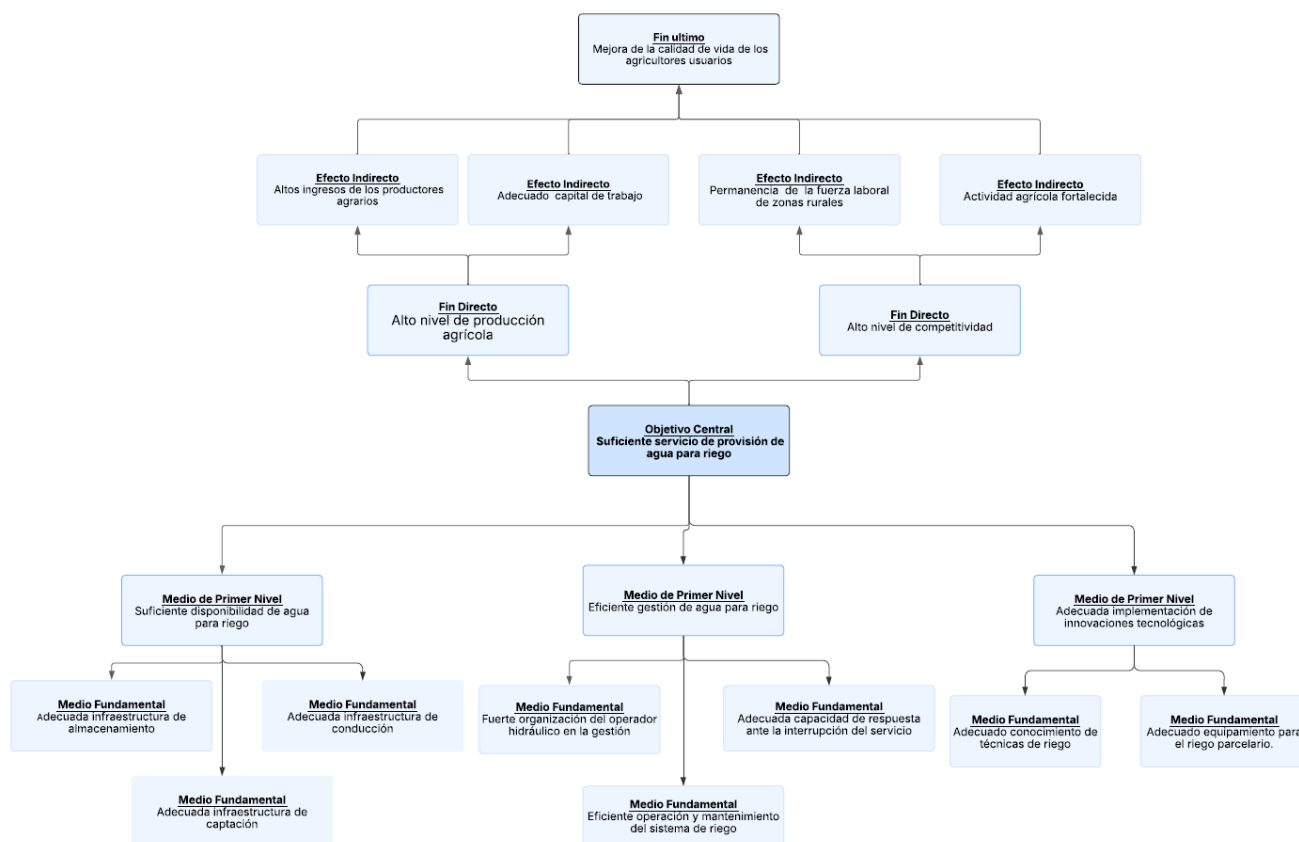
Gráfico 72. Árbol de medios y fines de PI de infraestructura de riego, naturaleza de mejoramiento



Elaboración propia.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Gráfico 73. Árbol de medios y fines de PI de riego tecnificado, naturaleza de mejoramiento



Elaboración propia.

Anexo VII. Fuentes de información a consultar para realizar el diagnóstico

Tabla 162. Principales fuentes de información para consultar en la formulación de proyectos de riego

Matriz De Fuentes Para Diagnóstico De Proyectos De Riego				
CARACTERÍSTICA	UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN	LINK DE CONSULTA	DESCRIPCIÓN / USO
Caudal	m³/s	SENAMHI; ANA	https://snirh.ana.gob.pe/onrh/Index2.aspx?IdVar=263	Permite estimar la oferta hídrica disponible en una fuente para el diseño y dimensionamiento de la infraestructura hidráulica.
Evapotranspiración	mm/día	SENAMHI	http://idesep.senamhi.gob.pe/geovisorid/esepe	Información fundamental para determinar la demanda hídrica de los cultivos y calcular la eficiencia del riego.
Registro pluviométrico	mm	SENAMHI; ANA	https://snirh.ana.gob.pe/onrh/Index2.aspx?IdVar=267	Ayuda a definir el régimen de lluvias en la zona del proyecto, clave para el diseño de almacenamiento y programación del riego.
Intensidades de precipitación (según duración y retorno)	mm	SENAMHI	https://idesep.senamhi.gob.pe/dhi-idf/	Indispensable para el análisis de riesgos, diseño de estructuras hidráulicas y estimación de escorrentía.
Información catastral agrícola	-	Juntas de Usuarios, MIDAGRI, SUNARP	https://www.sunarp.gob.pe/	Define los predios agrícolas beneficiados, condición legal del terreno y delimitación espacial de la intervención.
Licencias de uso de agua	-	ANA	https://www.ana.gob.pe/	Requisito legal para acreditar el derecho de uso del agua; se debe validar para asegurar viabilidad del proyecto.
Estudios geológicos e hidrológicos	-	INGEMMET, ANA	https://www.ingemmet.gob.pe/	Soporte técnico para el análisis de peligros naturales, estabilidad estructural y disponibilidad hídrica.
Información socioeconómica	-	INEI	https://www.inei.gob.pe/	Permite caracterizar la población beneficiaria, identificar brechas de acceso a servicios y planificar el desarrollo territorial.
Acceso a agua por red pública	%	INEI - Censo Nacional 2017	https://censos2017.inei.gob.pe/	Permite conocer el nivel de acceso al agua potable en la población beneficiaria. Indicador clave de calidad de vida.
Acceso a electricidad	%	INEI - Censo Nacional 2017	https://censos2017.inei.gob.pe/	Determina el acceso a energía eléctrica, relevante para la operación de sistemas de riego tecnificado y uso doméstico.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Matriz De Fuentes Para Diagnóstico De Proyectos De Riego				
CARACTERÍSTICA	UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN	LINK DE CONSULTA	DESCRIPCIÓN / USO
Nivel educativo alcanzado	% por nivel	INEI - Censo Nacional 2017	https://censos2017.inei.gob.pe/	Indica la capacidad de gestión local y comprensión de tecnologías. Clave para intervenciones que requieren capacitación.
Condición de pobreza	%	INEI - ENAHO / Mapa de Pobreza	https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/pobreza/	Contextualiza el nivel de vulnerabilidad socioeconómica. Útil para priorización de inversiones públicas.
Cobertura de seguro agrario	%	MIDAGRI - Boletines Estadísticos	https://www.gob.pe/midagri	Refleja el grado de protección ante pérdidas por eventos climáticos, riesgo clave para la sostenibilidad productiva.
Acceso a servicios de salud	% población con acceso	INEI - Censo Nacional 2017	https://censos2017.inei.gob.pe/	Variable indirecta de vulnerabilidad social, útil para analizar efectos indirectos del proyecto en el bienestar.
Balance hídrico superficial y subterráneo		ANA / SENAMHI	https://www.ana.gob.pe/	Estima la sostenibilidad del recurso hídrico a partir de la oferta y demanda proyectada.
Frecuencia de eventos extremos (sequías/inundaciones)	Eventos por década	ANA / SENAMHI	https://www.senamhi.gob.pe/	Permite considerar medidas de mitigación y adaptación climática en el diseño del proyecto.
Nivel freático	m	ANA	https://www.ana.gob.pe/	Información relevante para evaluar la disponibilidad de aguas subterráneas y riesgos de salinización.
Calidad del agua para riego	μS/cm, pH, ppm	ANA - Laboratorios	https://www.ana.gob.pe/	Garantiza la aptitud del agua para riego, evitando afectaciones a los cultivos o suelos.
Rotación de cultivos y calendario agrícola		Juntas de Usuarios / MIDAGRI	https://www.gob.pe/midagri	Permite planificar adecuadamente el uso del recurso hídrico y el calendario de riego.
Productividad por cultivo (rendimiento/ha)	kg/ha	INEI / MIDAGRI	https://www.inei.gob.pe/	Mide la eficiencia productiva de la zona y permite proyectar beneficios económicos.
Índice de tecnificación del riego	%	PSI / Juntas de Usuarios	https://www.gob.pe/psi	Ayuda a diagnosticar necesidades de mejora en la aplicación del riego a nivel parcelario.
Consumo hídrico por tipo de cultivo	mm/ciclo	MIDAGRI / FAO	https://www.fao.org/faostat/	Permite estimar la demanda hídrica real por cultivo para el diseño del sistema de riego.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Matriz De Fuentes Para Diagnóstico De Proyectos De Riego				
CARACTERÍSTICA	UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN	LINK DE CONSULTA	DESCRIPCIÓN / USO
Índice de ruralidad y densidad poblacional	Hab/km²	INEI	https://www.inei.gob.pe/	Ayuda a caracterizar la zona de intervención y priorizar según grado de vulnerabilidad.
Acceso a mercados		MIDAGRI / Gob. Regionales	https://www.gob.pe/midagri	Determina el potencial de comercialización agrícola y sostenibilidad del proyecto.
Tenencia de la tierra (formal/informal)	%	SUNARP / INEI	https://www.sunarp.gob.pe/	Clave para la legalización de los beneficiarios y sostenibilidad jurídica de la inversión.
Nivel de organización de los usuarios		Juntas de Usuarios	https://www.ana.gob.pe/	Determina la capacidad local para operar, mantener y sostener el sistema de riego.
Existencia de planes de gestión del agua	Sí / No	ANA / Juntas de Usuarios	https://www.ana.gob.pe/	Refleja gobernanza y planificación técnica del uso del agua en la zona de estudio.
Nivel de recaudación de tarifas de agua	%	Juntas de Usuarios	https://www.ana.gob.pe/	Indica la sostenibilidad financiera del sistema de riego para operación y mantenimiento.
Presencia de servicios de asistencia técnica		MIDAGRI / AGRORURAL / PSI	https://www.gob.pe/midagri	Refleja apoyo institucional disponible para transferencia tecnológica y soporte al usuario.
Cobertura vegetal (NDVI o uso del suelo)		CONIDA / MINAM	https://www.conida.gob.pe/	Ayuda a identificar zonas cultivables y su evolución. Clave para el enfoque territorial.
Zonificación ecológica y económica (ZEE)		MINAM / Gob. Regionales	https://www.minam.gob.pe/ordenamiento-territorial/	Determina compatibilidad de uso del suelo para actividades agrícolas y conservación.
Presencia de áreas protegidas o sitios arqueológicos	Sí / No	SERNANP / MINCUL	https://www.sernanp.gob.pe/	Permite identificar restricciones legales o técnicas que afecten la intervención.

Elaboración propia.

Anexo VIII. Gestión de Riesgo (GdR) – Caso Práctico

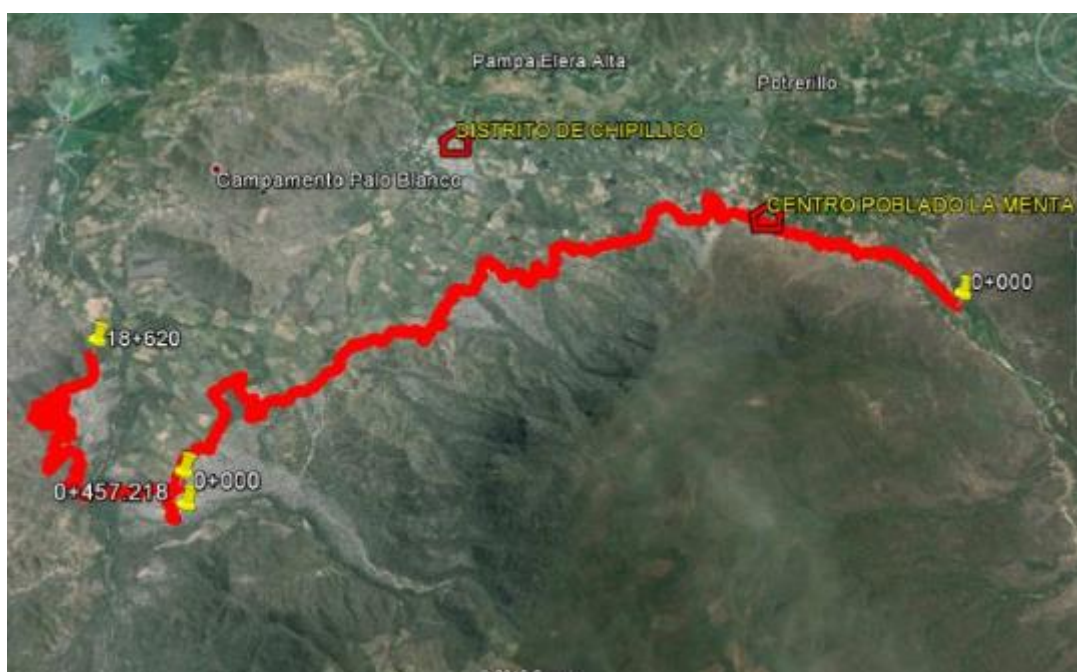
Se presenta un caso de la aplicación de la GdR en un proyecto de mejoramiento de Infraestructura de Riego.

MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA DE RIEGO EN LA IRRIGACION LA MENTA - DISTRITO DE LAS LOMAS - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA

DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el espacio geográfico conformado por la cuenca hidrográfica del río Chipillico hasta la toma de agua El Champoso que tiene aproximadamente 424.22 Km², el por el centro poblado de La Menta y el canal principal La Menta (gráfico 1 y 2).

Gráfico 74. Área de estudio del canal La Menta.



Elaboración propia.

El distrito de Las Lomas se ubica al noreste de la provincia de Piura, tiene una extensión de 522 km² y una altitud de 254 msnm. Por el norte limita con el distrito de Suyo, por el sur con el distrito de Tambogrande, por el este con los distritos de Sapollica, por el oeste con los distritos Sullana y Lancones. De acuerdo a los resultados del Censo de Población y Vivienda 2007, el distrito de Las Lomas cuenta con una población de 26.896 habitantes con una densidad poblacional de 50,8 habitantes por Km², estando más de 70% de esta población asentada en el área rural. El porcentaje de la población de Las Lomas en relación a la Provincia de Piura representa el 4.13% del total de la misma. Además, el distrito de Las Lomas forma parte del sistema de la cuenca hidrográfica del río Chipillico-Valle de San Lorenzo y su territorio se ubica en la ecoregión de bosques secos.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

El distrito de Las Lomas está dividido en dos grandes zonas bien definidas: La zona de bosque seco formado por cerros y colina con bosque denso y semidenso y una parte de la cuenca alta del río Chipillico y del valle de San Lorenzo con 58.932 hectáreas están orientadas a la producción agrícola y con riego por gravedad, así como con área de bosque. Dentro de las especies cultivadas en la zona se encuentra el arroz, maíces asociados con frijol, cítricos como naranjos, limón, limas, y maracuyá (cuadro 1). La fauna domestica es para el autoconsumo, mercado regional, especialmente el ganado vacuno, caprino, ovino y porcino. También lo conforman las aves (gallinas, pavos, patos, etc.), así mismo integran los animales equinos (caballos, yeguas, asnos y mulas.).

Tabla 163. Principales cultivos y sus áreas en el sector de riego La Menta

CULTIVOS	HAS.	PORCENTAJE (%)
Cultivos transitorios		
Arroz Cascara	171,30	29.59%
Soya (grano seco)	1,80	0.31%
Maíz Amarillo Duro	258,45	44.64%
Cultivos permanentes		
Cacao Nativo	34,00	5.87%
Limón Sutil	2,50	0.43%
Cultivos semi-permanentes		
Banano	32,25	5.57%
Maracuyá	78,65	13.58%
Total	578,95	100.00%

Elaboración propia.

Gráfico 75. Ubicación de las áreas de cultivo del canal La Menta



Elaboración propia.

La UP del servicio actualmente está conformado por los siguientes elementos:

a) La toma de agua El Champoso

Por ser rustica, es susceptible a sufrir colapso, con el incremento de agua en pocos metros cúbicos, ya que está conformada por grandes piedras debidamente acomodadas, con sacos rellenos de arena, plásticos, arcilla y champa para impermeabilizar el muro de encauzamiento hacia la compuerta de canal principal.

b) Canal principal La Menta

Este canal tiene un recorrido de aproximadamente 13,780 Km, con una caja existente de canal de tierra, de sección transversal variable e irregular, que tiene capacidad para conducir un caudal de 1.5 m³/s, aproximadamente. Por ser un canal no revestido podemos inferir que entre la captación y el punto final del canal se pierden entre 50% a 60% de la masa de agua. Se cuenta 69 obras de arte a lo largo del canal (como tomas, compuertas, pases, quebradas, etc).

c) Organización institucional de los usuarios de agua

El comité de Usuarios de Riego La Menta tiene una junta directiva que consta de seis miembros que comprende al presidente, tesorero, secretario, primer vocal y segundo vocal, cuya designación recae en las siguientes personas.

Gráfico 76. Toma rústica El Champoso, donde inicia el canal principal La Menta



Elaboración propia.

Análisis de Peligros

a) Identificación de peligros

Resultados de SIGRID

Resultados de SINPAD

Según lo manifestado por la población en los talleres de metodologías participativas de recojo de información, respecto a la gestión de riesgo y cambio climático podemos señalar que los peligros que impactan de manera negativa la infraestructura y las actividades productivas en La Menta y en la Comunidad Campesina de La Menta son: las lluvias intensas, las sequías, variación de temperatura, inundaciones, aluviones esencialmente.

Gráfico 77. Ejemplo del taller de metodología participativa

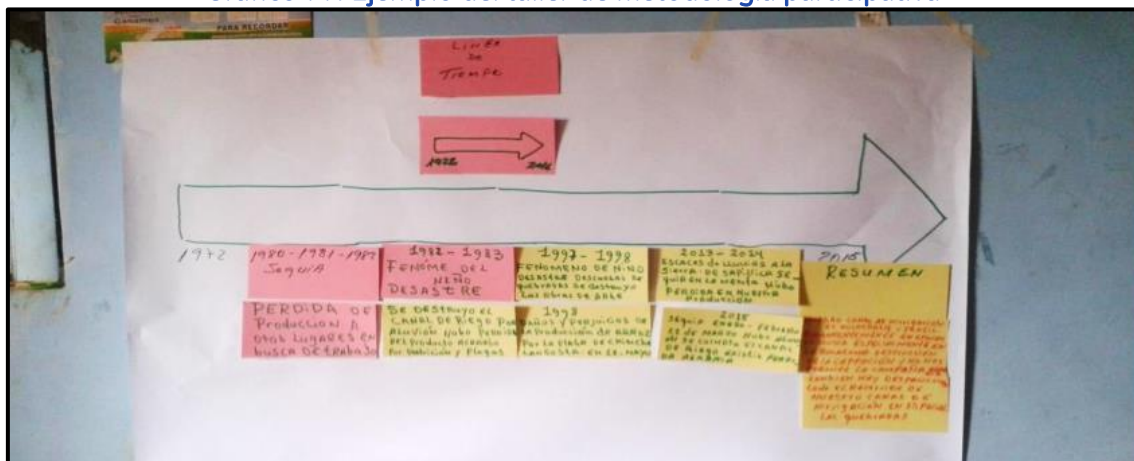


Tabla 164. Matriz de identificación de peligros

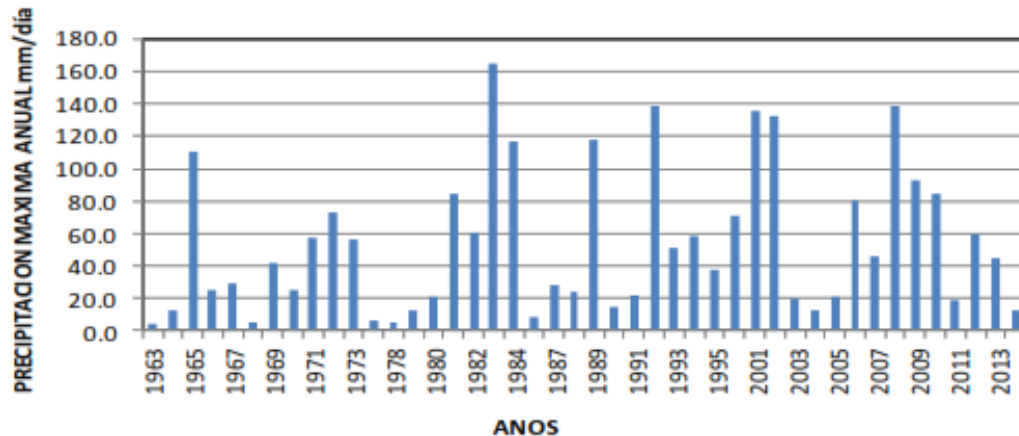
Peligros	¿Puede afectar la UP?		
	Si	No	¿Requieren mayor información de campo?
Lluvias intensas	Si		No
Sequías	Si		
Variación de Temperatura	Si		
Inundaciones	Si		
Aluviones	Si		
Sismos	Si		No

Elaboración propia.

b) Caracterización de peligros

PELIGRO 1: Lluvias Intensas. - La franja de la cuenca desde aproximadamente 450 hasta los 1500 msnm presenta registros de lluvia del orden de 200 a 1.200 mm anuales, la mayor parte de diciembre a mayo y muy poco o nada el resto del año (fuente/ diagrama). En el área de estudio en un radio acción promedio de 15 km se ubica una estación pluviométrica que presenta un registro histórico de 50 años de precipitaciones máximas diarias, la estación “Las Lomas” (gráfico 5). Se puede observar que, dentro de 51 años, la precipitación máxima anual (mm/día) supero el umbral de 80 mm/día 11 veces. Esto significa que en promedio hay lluvias intensas extremas cada 5 años.

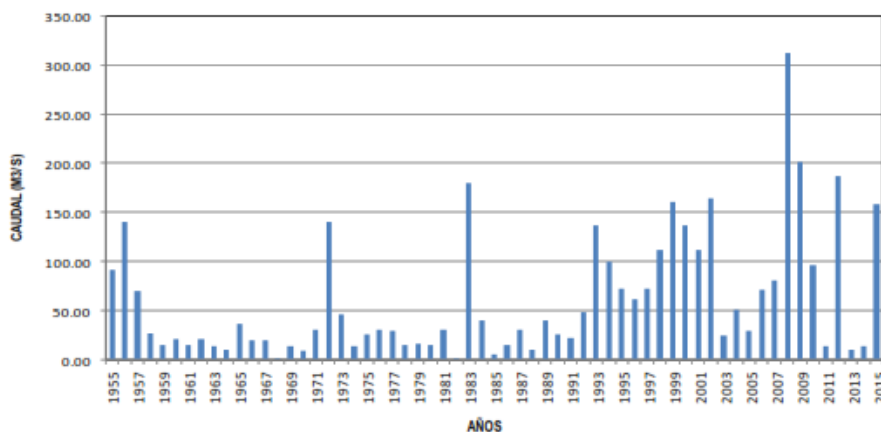
Gráfico 78. Registro de precipitación de la estación pluviométrica “Las Lomas”



Elaboración propia.

Por el lado de las descargas de río Chipillico a continuación presentamos el registro histórico de la descarga máxima instantáneas, donde de alguna manera se corrobora que en los años de fuertes precipitaciones se generaron grandes descargas como en los años 1972 1983, 2008, y 2009 (gráfico 6).

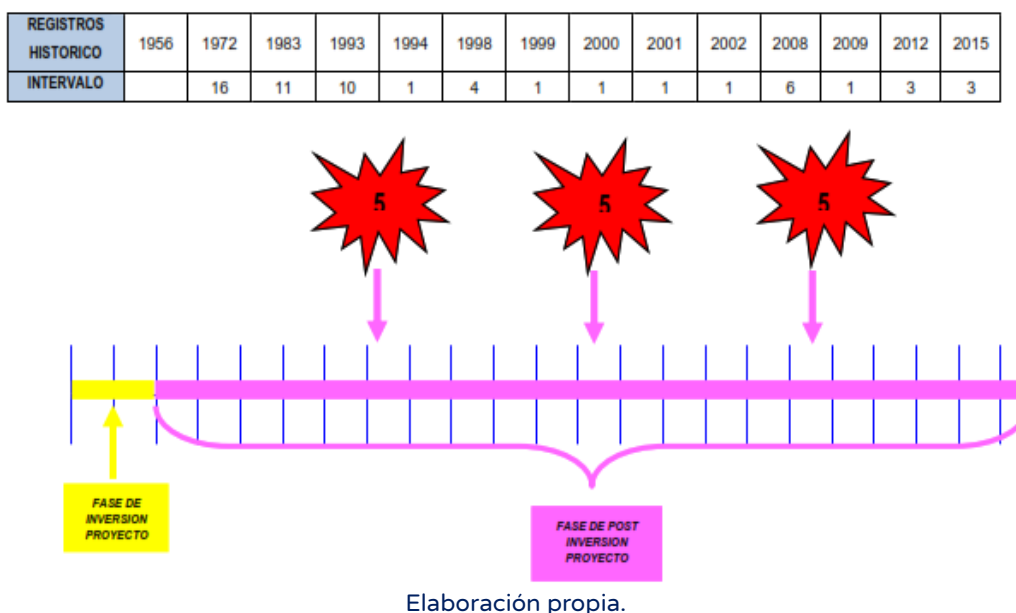
Gráfico 79. Descargas máximas anuales instantáneas del río Chipillico.



Elaboración propia.

Lo que se puede deducir de la información procesada por el estudio hidrológico, es que durante los años de ocurrencia del Fenómeno El Niño no se han producido las mayores descargas punta. Se puede decir que en promedio cada 5 años se produce un evento con de descargas superiores a 100 m³/s , lo cual coincide con la frecuencia de lluvias intensas.

Gráfico 80. Temporalidad de los eventos extremos.



La **frecuencia** es de 2 veces en el horizonte de evaluación, por presentarse cada 5 años, calificando en un Nivel Medio.

Tabla 165. Matriz de identificación del nivel de peligros

Frecuencia	Muy Alto	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto
	Alto	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
	Medio	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
		Intensidad			

Elaboración propia.

De acuerdo a los registros históricos se asume que la pérdida de servicio podría ser de una a 3 meses, calificando en un nivel de intensidad alto. En tal sentido del nivel de peligro es Alto.

DIAGNÓSTICO DE LA UP

Análisis de exposición

La **toma de agua** de La Menta está expuesta a lluvias intensas (peligro 1) y los caudales fuertes que causan, así como inundaciones (peligro 4), ya que la toma de agua se construye en el lecho del propio río Chipillico, que a veces experimenta caudales fuertes (gráfico 6). La exposición a estos dos peligros, por la naturaleza de la toma de agua, no se puede reducir. Además, la toma de agua está expuesta a sequías (peligro 2), variaciones de temperatura (peligro 3) y sismos (peligro 6), que existen en toda el área de estudio. El elemento no está expuesto a aluviones (peligro 5).

Respecto al **canal**, especialmente los 100 primeros metros también están expuesto a las inundaciones del mismo río (peligro 4), sin posibilidad de reducir dicha exposición. Por otro lado, el canal principal está ubicado en la falda de los cerros y

es interceptado por quebradas o escorrentías superficiales, que de acuerdo a la amplitud de su cuenca generan grandes crecidas que impactan negativamente sobre el mismo, especialmente durante años del Fenómeno El Niño cuando hay lluvias intensas e inundaciones (peligros 1 y 4). Sin embargo, la ubicación del canal no se puede cambiar. Además, el canal de agua está expuesto a sequías (peligro 2), variaciones de temperatura (peligro 3) y sismos (peligro 6), que existen en toda el área de estudio.

Análisis de vulnerabilidad

a) Fragilidad

Toda la infraestructura de riego existente, es muy vulnerable por sus características constructivas: la toma de agua es rústica y puede ser fácilmente colapsada con caudales de poca magnitud, es decir, es sumamente frágil. Durante los eventos extraordinarios tipo FEN la destrucción es total, desapareciendo todo rastro de la toma y cambiando la morfología de la sección transversal del río.

Por el lado del canal principal, carece en toda su extensión de obras de arte, que permitan resistir el impacto de la máxima descarga de agua que se presentan en cada FEN, primero destruyendo el canal y segundo colmatando de material de arrastre las zonas aledañas del tramo el canal colapsado, todo ello convierte a la infraestructura de riego en muy vulnerable por fragilidad.

Tabla 166. Determinación de la fragilidad total de cada elemento y de la UP

Elemento de la UP	a) Tipo de construcción (0/ 1/ 2) ³⁶	b) Mantenimiento (0/ 1/ 2)	(a+b)/2 Promedio parcial
Captación de agua	2	1	1.5
Canal principal	2	1	1.5
Promedio total			1.5

Escala	Criterio
Muy Alta	Mayor o igual 1.5
Alta	Entre 1 y <1.49
Media	Entre 0.5 y <0.99
Baja	Entre 0 y <0.49

Elaboración propia.

b) Resiliencia

La UP de agua de riego La Menta no cuenta con personal técnico ni con recursos financieros y presentan una débil organización, que NO permita una rápida respuesta para hacer frente a un impacto negativo del peligro natural. La reposición del servicio de riego demora entre 1 a 3 meses, siempre requiere del apoyo económico de las corporaciones ediles de Las Lomas y Sapillica para complementar el uso de maquinaria para hacer más rápida la reconstrucción de la toma de agua y la reconstrucción del canal en los tramos colapsados. Bajo estas

³⁶ 0 = ningún cumplimiento; 1 = cumplimiento parcial; 2 = pleno cumplimiento.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

condiciones, se concluye que la UPS de la Irrigación de La Menta es vulnerable por resiliencia.

Tabla 167. Calculo para determinar el valor de resiliencia

Criterios	Valores (0, 1 o 2)
Fortalecimiento de capacidades	2
Capacidad operativa de respuesta	2
Promedio	2

Escala	Criterio
Baja	Mayor o igual 1.5
Media	Entre 1 y <1.49
Alta	Entre 0.5 y <0.99
Muy Alta	Entre 0 y <0.49

Elaboración propia.

c) Nivel de vulnerabilidad

Tabla 168. Calculo para determinar el nivel de vulnerabilidad

Fragilidad	Muy Alta	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto
	Alta	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
	Media	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Baja	Bajo	Bajo	Medio	Medio
		Muy alta	Alta	Media	Baja
Resiliencia					

El Nivel de Vulnerabilidad para el proyecto la Menta es **Muy Alto**.

Determinación del nivel de riesgo, y estimación de daños y pérdidas.

Con los resultados de Peligro y Vulnerabilidad, podemos identificar que el nivel de Riesgo es **Muy Alto**.

Tabla 169. Calculo para determinar el nivel de riesgo

Peligro	Muy Alto	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto
	Alto	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
	Medio	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Vulnerabilidad					

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de
Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

Tabla 170. Daños y pérdidas a la Infraestructura Agrícola

Infraestructura				
Tipo	Afectadas			
	Unidad	Tramo	Total (metros lineales)	Consecuencias
Canales de riego	m.	Todo el canal	13780	Colapso de todo el canal y suspensión del servicio por 3 meses
Bocatomas	M2	toda		Colapso de la bocatoma y suspensión del servicio por 3 meses
Total				

Fuente: Adaptada de la Ficha EDAN-INDECI

Anexo IX. Glosario de Términos

El presente apartado tiene como objetivo presentar los conceptos fundamentales que deben ser comprendidos y aplicados en la formulación y evaluación de proyectos de inversión en infraestructura de riego, abarcando tanto la infraestructura convencional como el riego tecnificado. Asimismo, se establecerán los criterios de priorización de estos proyectos, asegurando su alineación con las necesidades locales, los objetivos de desarrollo y las políticas sectoriales vigentes.

a) Consideraciones conceptuales

- **Acreditación de la disponibilidad hídrica:** Es la certificación de la existencia de recursos hídricos en cantidad, oportunidad y calidad apropiadas para un determinado proyecto en un punto de interés de la unidad hidrográfica. La referida certificación se da a través de una Resolución Directoral emitida por la Autoridad Administrativa del Agua correspondiente. Este otorgamiento se da por un plazo de dos años y es renovable.
- **Agua:** Es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación.
- **Año hidrológico:** Es el periodo continuo de doce meses a lo largo del cual se miden las precipitaciones y caudales en una unidad hidrográfica determinada. El comienzo del año hidrológico ocurre durante el cambio del régimen hidrológico, pudiendo variar entre una región a otra. En Perú, por lo general el año hidrológico inicia en setiembre y termina en agosto del año siguiente.
- **Batimetría:** Es el procedimiento técnico de medición con la finalidad de representar con cierto nivel de detalle las formas y relieves de un depósito natural o artificial de un cuerpo de agua (reservorios, mares, ríos, lagos, lagunas, entre otros). Para llevar a cabo este procedimiento técnico se utiliza equipos especiales como drones acuáticos, botes batimétricos o ecosonda batimétrica.
- **Beneficiarios de la Ley N°28585³⁷:** Para ser beneficiario de la Ley que crea el Programa de Riego Tecnificado, se debe cumplir obligatoriamente con los requisitos señalados en el Capítulo III, artículo 8°.
- **Calificación y clasificación de obras de infraestructura hidráulica³⁸:** La Autoridad Nacional del Agua calificará y clasificará en cada caso a las obras hidráulicas, de acuerdo con las condiciones específicas del ámbito en donde se desarrollará el proyecto, teniendo en cuenta los siguientes criterios: magnitud de la inversión, demanda de agua e interés público.
- **Cambio climático:** Es un proceso de largo plazo atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la

³⁷ Ley N°28585 “Ley que crea el programa de riego tecnificado y su reglamento”: Capítulo III, En el artículo 8° se señalan los requisitos que se debe cumplir para ser beneficiario.

³⁸ Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338 – ANA.

atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMCC distingue entre 'cambio climático' atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y 'variabilidad climática' atribuida a causas naturales, que tendrán impactos importantes en la economía, sociedad y capital natural peruanos.

- **Caudal:** Volumen de agua que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo.
- **Clasificación de las presas³⁹:** En el “Reglamento de seguridad de presas públicas de embalse de agua”, establece que las presas de embalse de agua se clasifican conforme a los criterios siguientes:
 1. Altura superior a 15 metros, medida desde la parte más baja de su cimentación hasta su coronamiento; o,
 2. Altura comprendida entre 10 y 15 metros medida desde la parte más baja de su cimentación, siempre y cuando tengan una capacidad de embalse que no sea inferior a los 3 millones de metros cúbicos (MMC) o de lo contrario, una longitud de coronamiento superior a los 400 metros.
 - **Pequeñas presas:** Serán todas aquellas que cumplan una de las siguientes condiciones:
 1. Altura comprendida entre 5 y 10 metros, medida desde la cota más baja de su cimentación y, además, tengan una capacidad de embalse no menor de 500,000 metros cúbicos; o,
 2. Altura medida desde su cota de cimentación que esté comprendida entre 2 y 5 metros, incluyendo el borde libre mínimo respectivo.
- **Comisiones de usuarios⁴⁰:** Constituye un nivel intermedio de las organizaciones de usuarios de agua y se conforma por usuarios de agua organizados sobre la base de un subsector hidráulico. Las comisiones de usuarios forman parte de las juntas de usuarios y están conformadas por los comités de usuarios.
- **Comités de usuarios⁴¹:** Constituye un nivel intermedio de las organizaciones de usuarios de agua y se conforma por usuarios de agua organizados sobre la base de un subsector hidráulico. Las comisiones de usuarios forman parte de las juntas de usuarios y están conformadas por los comités de usuarios.
- **Componente parcelario⁴²:** Hace referencia al suministro e instalación de riego tecnificado parcelario, conformado por elementos mecánicos integrados entre sí, los que presurizan y conducen las aguas superficiales o subterráneas, distribuyéndolas y aplicándolas al predio a través de emisores, mediante métodos de alta eficiencia, tales como:

1. Sistema de Riego por Aspersión

³⁹ Resolución Jefatural N°0155-2022-ANA “Reglamento de operadores de Infraestructura Hidráulica”.

⁴⁰ Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338.

⁴¹ Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338.

⁴² Ley N°28585 “Ley que crea el programa de riego tecnificado y su reglamento”: Capítulo III, En el artículo 8° se señalan los requisitos que se debe cumplir para ser beneficiario.

2. Sistema de Riego por Microaspersión
 3. Sistema de Riego por Goteo.
 4. Otros sistemas (multicompuertas, intermitente, californiano)
- **Componentes comunes de riego tecnificado:** Constituye un nivel intermedio de las organizaciones de usuarios de agua y se conforma por usuarios de agua organizados sobre la base de un subsector hidráulico. Las comisiones de usuarios forman parte de las juntas de usuarios y están conformadas por los comités de usuarios.
 - **Del Operador de Infraestructura hidráulica⁴³:** El Operador de Infraestructura Hidráulica es la entidad pública o privada que presta el servicio de suministro de agua o el servicio de monitoreo y gestión de aguas subterráneas, para cuyo efecto tiene a su cargo la operación, mantenimiento y desarrollo de la infraestructura hidráulica ubicada en un sector hidráulico. El Operador de Infraestructura hidráulica implementa acciones que permita el control técnico-administrativo de las actividades que desarrollan para atender oportunamente las solicitudes y reclamos que presenten los usuarios de agua.
 - **El Riego:** Consiste en proporcionar al suelo, en forma artificial, la cantidad de agua necesaria para satisfacer el déficit de evaporación y para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

En este sentido, el riego implica la aplicación del agua en función de las necesidades hídricas del cultivo, cuando estas no han sido cubiertas por fuentes naturales como la precipitación, las aguas subterráneas o la neblina). Para ello, se deben garantizar criterios de suficiencia, oportunidad, uniformidad y calidad en el suministro del recurso.

Cantidad: Es la necesidad hídrica durante su fase vegetativa. Desde el punto de vista práctico se consideran las necesidades hídricas del cultivo igual a las necesidades de evapotranspiración ya que sólo una mínima parte (del 0.1 al 1%) se incorpora a los tejidos de la planta.

$ET_{(cultivo)} = ET_o \times k_c$ (agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo en donde se asienta el cultivo).

Oportunidad: Tiene que ver con la programación del riego (Cuándo y Cuánta cantidad y tiempo de agua debo aplicar en cada riego)

Uniformidad: Está relacionada a las técnicas de aplicación del riego (localizado, aspersión y superficial)

Calidad: Cumplir con los estándares de calidad Categoría 3 (D.S N°004-20172-MINAM)

- **Embalse:** Depósito que se forma de manera artificial, cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa y en el que se almacenan aguas de un río o arroyo, a fin de utilizarlas para diversos usos. Pueden encontrarse embalses creados por causas naturales, mediante el derrumbe de una ladera, la acumulación de hielo u otros eventos.
- **Estiaje:** Época del año en la cual los aportes de caudal de las fuentes son bajos.

⁴³ Resolución Jefatural N°0155-2022-ANA "Reglamento de operadores de Infraestructura Hidráulica".

- **Expediente Técnico:** Conjunto de documentos que comprende: memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra, metrados, presupuesto de obra, fecha de determinación del presupuesto de obra, análisis de precios, calendario de avance de obra valorizado, fórmulas polinómicas y, si el caso lo requiere, estudio de suelos, estudio geológico, de impacto ambiental u otros complementarios.
- **Glaciar:** Acumulación de hielo, de origen atmosférico, ubicado generalmente en las partes altas de las cuencas. Es considerado un cuerpo de agua en estado sólido.
- **Infraestructura hidráulica de riego y drenaje⁴⁴:** Para efectos del presente Lineamiento, es el conjunto de obras y/o estructuras necesarias para captar, almacenar, conducir, distribuir, aplicar, drenar y trasvasar el agua con fines agrarios a los diferentes beneficiarios, proveniente de determinada fuente de abastecimiento con la finalidad de lograr su utilización racional y eficiente.
- **Infraestructura hidráulica mayor⁴⁵:** Se refiere a las obras hidráulicas (presas de embalses, bocatomas, canales de derivación, drenes principales, obras de arte conexas) de gran envergadura y complejidad en su operación y mantenimiento.
- **Infraestructura hidráulica menor⁴⁶:** Red de canales laterales para captar y distribuir el agua a los usuarios (canal de derivación, canales de distribución) o drenes secundarios, así como las obras de arte construidas a lo largo de ellos (tomas y aforadores de agua, sifones, alcantarillas, disipadores de energía, partidores).
- **Juntas de Usuarios⁴⁷:** Son las organizaciones de mayor nivel. Dentro del sistema de usuarios de agua. Estas están conformadas por personas jurídicas integradas por usuarios organizados en comisiones y comités de usuarios, sobre la base de un sector hidráulico.
- **Licencia de uso de agua:** Derecho de uso de agua que se otorga a una persona natural o jurídica, por el uso de un volumen de agua con un fin y en un lugar determinado.
- **Operación y mantenimiento:** La operación se refiere al proceso de manejo de las obras hidráulicas, de las estructuras de control y medición, de las estaciones hidrométricas y el análisis de los registros correspondientes en un sistema abastecimiento, desde que se capta el agua hasta el momento en que se entrega el recurso al usuario. El mantenimiento comprende las actividades que tienen por finalidad conservar el buen estado de todos los elementos de

⁴⁴ Para efectos del presente Lineamiento, es el conjunto de obras y/o estructuras necesarias para captar, almacenar, conducir, distribuir, aplicar, drenar y trasvasar el agua con fines agrarios a los diferentes beneficiarios, proveniente de determinada fuente de abastecimiento con la finalidad de lograr su utilización racional y eficiente.

⁴⁵ Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338.

⁴⁶ Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338.

⁴⁷ Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338.

la infraestructura hidráulica que deben ser operados para dar un adecuado y oportuno servicio.

- **Presa:** Barrera estanca construida para el almacenamiento de agua, generalmente ubicada en el cauce de un río, concordante con la sección de cierre del vaso (boquilla). Comprende a las obras conexas y el embalse.
- **Proyecto de inversión:** Corresponde a intervenciones temporales que se financian, total o parcialmente, con recursos públicos, destinadas a la formulación de capital físico, humano, institucional, intelectual y/o natural, que tenga como propósito crear, ampliar mejorar o recuperar la capacidad.
- **Qochas:** Son depósitos de agua de menor tamaño o lagunas creadas artificialmente, ubicadas en depresiones naturales del terreno. Para su construcción, se emplean materiales locales como piedras y terrones de tierra. Estas estructuras tienen la función de almacenar e infiltrar el agua de lluvia.
- **Quebradas:** Hendiduras en montañas cuyo fondo contiene una corriente natural de agua de caudal bajo, que puede desaparecer durante la época de estiaje.
- **Recursos hídricos:** Son los cuerpos de agua continentales, superficial y subterránea; así como sus bienes asociados, incluyendo a las cuencas receptoras. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.
- **Régimen hidrológico:** Es el comportamiento del caudal de agua en el tiempo. Depende del régimen pluviométrico, de la temperatura de la cuenca (que determina la evapotranspiración), del relieve (pendientes), la geología, la vegetación y la acción humana. Debe incluir los valores extremos en la meteorología de la cuenca, en especial, la frecuencia de crecidas y estiaje.
- **Sector Hidráulico de Aguas Subterráneas⁴⁸:** El Sector Hidráulico de Aguas Subterráneas incluye las infraestructuras hidráulicas (pozos y otros) ubicadas dentro de un acuífero y está destinado a realizar las siguientes actividades:
 - Regulación, Extracción y distribución de aguas subterráneas; y,
 - Medición del nivel freático, los parámetros básicos de calidad y los volúmenes de explotación de aguas subterráneas.
- **Sector Hidráulico Mayor:** Área geográfica que comprende el conjunto de obras de infraestructura hidráulica mayor para suministro de agua y gestión del drenaje principal.

La infraestructura hidráulica mayor comprende las estructuras que por sus características de construcción, operación y mantenimiento resultan de mayor magnitud, complejidad e importancia en el Sistema Hidráulico Común. Entre las actividades que realiza se encuentran las siguientes:

- **Trasvase:** Derivar el agua de una unidad hidrográfica a otra contigua.

⁴⁸ Resolución Jefatural N°0155-2022-ANA "Reglamento de operadores de Infraestructura Hidráulica".

- **Regulación:** Almacenar y entregar gradualmente el agua.
 - **Medición:** Determinar volúmenes o caudales de agua en un punto determinado.
 - **Captación:** Derivar el agua de su curso natural o artificial a una estructura de derivación.
 - **Derivación:** Conducir las aguas desde la captación hasta su entrega en la infraestructura hidráulica menor o usuarios que no forman parte de un sector hidráulico menor.
 - **Drenaje colector y principal:** Evacuar los excedentes de agua desde los drenes principales y secundarios hacia una fuente natural.
- **Sector Hidráulico Menor⁴⁹:** Área geográfica que comprende el conjunto de infraestructura hidráulica encargada de suministrar agua desde el sector mayor o la fuente natural a los usuarios.

La infraestructura hidráulica menor comprende estructuras empleadas para realizar las siguientes actividades:

- **Captación:** Derivar el agua del sector hidráulico mayor o de un curso natural a los sistemas de distribución.
 - **Regulación:** Almacenar y entregar gradualmente el agua.
 - **Distribución:** Trasladar las aguas desde la captación hasta los usuarios que utilizan el agua en una actividad sectorial determinada.
 - **Medición:** Determinar los volúmenes o caudales de agua en las redes hidrométricas de captación y distribución de agua, establecidas por el operador.
 - **Drenaje secundario:** Evacuar los excedentes de agua hacia los drenes principales.
 - **Galería filtrante:** Es una técnica milenaria originada que permite llevar a la superficie aguas subterráneas por gravedad.
- **Serie histórica:** también conocido como serie temporal. Se define como el conjunto de datos de una variable ordenadas en el tiempo.
 - **Sistema Hidráulico Común⁵⁰:** El sistema hidráulico común está constituido por un conjunto de obras hidráulicas interconectadas entre sí, así como con cauces naturales, cuya función es proporcionar el servicio de suministro de agua a un conjunto de usuarios de agua.
 1. Los sectores hidráulicos se clasifican en:
 - Sector Hidráulico Mayor
 - Sector Hidráulico Menor
 - Sector Hidráulico de Aguas Subterráneas
 2. La delimitación del sector y subsector hidráulico se realiza conforme al procedimiento establecido por la Autoridad Nacional del Agua.
 - **Tarifas por el uso del agua:** Obligaciones económicas del usuario por el uso de infraestructura, servicio de distribución y monitoreo de aguas subterráneas.

⁴⁹ Resolución Jefatural N°0155-2022-ANA "Reglamento de operadores de Infraestructura Hidráulica".

⁵⁰ Resolución Jefatural N°0155-2022-ANA "Reglamento de operadores de Infraestructura Hidráulica".

- **Topografía:** Es el procedimiento técnico de medición con la finalidad de representar con cierto nivel de detalle las formas y relieves de una superficie de terreno. Para llevar a cabo este procedimiento técnico se utiliza equipos especiales como: drones aéreos, estación total etc.
- **Unidades hidrográficas:** Son los espacios geográficos limitados por líneas divisorias de aguas, cuya organización está estructurada jerárquicamente por niveles, en el que la superficie de drenaje es el único criterio de decisión organizativa.
- **Usuario de agua⁵¹:** Para fines de la Ley y el Reglamento se considera usuario de agua a toda aquella persona natural o jurídica que sea titular de un derecho de uso de agua.
- **Usuarios de agua - Integrantes de las organizaciones de usuarios de agua⁵²:** Son usuarios de agua que comparten una fuente superficial o subterránea y un sistema hidráulico común, aquellos titulares de derechos de uso de agua que para el abastecimiento del agua requieren de los servicios que prestan las juntas, comisiones o comités de usuarios.
- **Servicio Público**

De acuerdo con OPMI – MIDAGRI (2022), este servicio bajo la responsabilidad funcional del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego consiste en proporcionar agua de uso productivo agrario en cantidad, calidad y oportunidad, de acuerdo con los Planes y Programas aprobados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), para el aprovechamiento del recurso hídrico por parte de los productores agrícolas. El servicio comprende la regulación, captación, conducción, distribución y gestión, mediante un conjunto de estructuras (infraestructura de riego y sistema de riego) que hacen posible la disposición de agua de uso productivo agrario en volumen y tiempos adecuados para el desarrollo de la agricultura, en una determinada área.

En ese sentido, para la presente guía se debe considerar la siguiente definición del servicio público a intervenir:

- El Servicio de Provisión de Agua para Riego es el servicio público mediante el cual el Estado —a través de operador/es de infraestructura hidráulica— garantiza a los productores agrarios el suministro de agua en cantidad, calidad y oportunidad, conforme a los planes y programas aprobados por la ANA. Este servicio se presta mediante una Unidad Productora (Sistema de Riego) que integra infraestructura hidráulica mayor y/o menor y contempla los procesos de regulación, captación, conducción, distribución y aplicación. En la tipología de infraestructura de riego el servicio abarca los primeros cuatro (04) procesos; mientras que en la tipología de riego tecnificado se incluye el proceso de aplicación. Su finalidad es respaldar la producción agrícola y el desarrollo rural, fortaleciendo la seguridad

⁵¹ Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338.

⁵² Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

alimentaria y la adaptación al cambio climático mediante una gestión eficiente del recurso hídrico.

Bibliografía

Agencia de Desarrollo Rural de Colombia. (2019). Manual para la preinversión en proyectos de riego en pequeña escala. Colombia. <https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/Manual-Preinversion-Proyectos-de-Riego-de-Pequeña-Escala-2020.pdf>

Centro de Investigación y Desarrollo del Ecuador (CIDE). (2019). Evaluación ex-post del proyecto construcción represa y sistema de riego Cuartos en Bolivia. Bolivia. <https://repositorio.cidecuador.org/handle/123456789/1385>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (1987). Sistema hídrico Limarí-Paloma: estudio del caso chileno. Chile. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/3c280ed3-3a9a-49e0-a097-d0a887470aec>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (1989). La gestión de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe. América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/bc43e278-9436-43f3-8ce4-0d6751d68d91>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (1997). Manual de identificación, preparación y evaluación de proyectos de riego. América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/99b56551-7d94-49a7-b9e8-91482a1d4d46>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). Lecciones del Estado Plurinacional de Bolivia para la adopción del enfoque del Nexos: análisis del Plan Nacional de Cuencas, el Sistema Múltiple Misicuni y las políticas de riego. Bolivia. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/5f8e6d33-401c-4621-a802-e5dbbb9bc6dc>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), & Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). (2004). Los sistemas nacionales de inversión pública en Centroamérica: marco teórico y análisis comparativo multivariado. Centroamérica. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/8a786bef-1020-4fcb-9157-7f09d6f5d7e8>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1998). Guidelines for planning irrigation and drainage investment projects. Internacional. <https://www.fao.org/4/w1037e/w1037e00.htm>

Ministerio de Agricultura - Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI). (2006). Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación de

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

proyectos de riego tecnificado a nivel parcelario. Perú.
https://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Cguias%5Cguia_de_elaboracion_y_evaluacion_del_perfil.pdf

Ministerio de Ciencia e Innovación de España. (2011). Guía metodológica para el uso de aguas regeneradas en riego y recarga de acuíferos. España.
https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/6550/5/GUIA_METODOLOGICA_REUTILIZACION.pdf

Ministerio de Desarrollo Social, División de Evaluación Social de Inversiones. (2016). Metodología para la formulación y evaluación de proyectos de riego. Chile.
<https://sni.gob.cl/storage/docs/metodolog%C3%ADa%20riego%202016.pdf>

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) - Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI). (2023). Formulación y evaluación de proyectos de inversión en riego tecnificado. Perú.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacitaciones/2023/Capacitacion_2023_05_29.pdf

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador. (2022). Guía para la formulación de proyectos de riego y drenaje. Ecuador.
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/02/Guia-para-la-Formulacion-de-Proyectos-de-Riego-y-Drenaje.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Agua - Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. (2018). Guías para la elaboración de estudios de diseño técnico de preinversión para proyectos de riego (menores, medianos y mayores). Bolivia.
<https://siarh.gob.bo/download/guia-para-la-elaboracion-de-proyectos-de-riego-mayores/>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (s. f.). Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de infraestructura en pequeñas áreas de riego en Costa Rica. Costa Rica.
<https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/methodology/Guia%20infraestructura%20en%20pequen%C3%83as%20areas%20de%20riego.pdf>

Natural Resources Conservation Service (NRCS). (1997). Irrigation guide. Estados Unidos.
<https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2023-01/7385.pdf>

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2002). Guía para la formulación de proyectos de sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas. América Latina.

Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de
Infraestructura de Riego y Riego Tecnificado

<https://iris.paho.org/handle/10665.2/55273>

Rai, R. K. (2017). Planning and evaluation of irrigation projects: Methods and implementation. Internacional.

https://www.researchgate.net/publication/328096768_Planning_and_evaluation_of_irrigation_projects_Methods_and_implementation

Secretaría de Finanzas (SEFIN). (2012). Guía metodológica sectorial agroforestal y riego. Honduras.

https://www.sefin.gob.hn/download_file.php?download_file=%2Fwp-content%2Fuploads%2F2012%2F03%2FGuia_Metodologica_Sectorial_Agroforestal_Riego.pdf

Secretaría de Hacienda y Crédito Público de México. (2015). Metodología, manual y guía para la evaluación de proyectos de construcción de infraestructura hidroagrícola. México.

<https://www.gob.mx/shcp/documentos/metodologia-manual-y-guia-para-la-evaluacion-de-proyectos-de-construccion-de-infraestructura-hidroagricola?state=published>



MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS
Dirección General de Programación Multianual de Inversiones

 www.gob.pe/mef

 Jr. Junín 319, Lima 1 - Perú

 (511) 311 5930

Síguenos en:

 @MEF_Peru

 Ministerio de Economía y Finanzas - Oficial