

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL  
CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL RÍO LA VICTORIA APLICANDO  
LA METODOLOGÍA ARI”**

Por:

**CRISTIAN DAVID MENACHO COPA**

Proyecto presentado a consideración de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE I - 2025**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL  
CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL RÍO LA VICTORIA APLICANDO  
LA METODOLOGÍA ARI”**

Por:

**CRISTIAN DAVID MENACHO COPA**

**PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV 502**

**SEMESTRE I - 2025**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

Esto es dedicado a mi mamá Elena y mi papá Juan por todo su apoyo incondicional a lo largo de todo este tiempo. Por brindarme su apoyo, su confianza y por inculcarme valores solidos para mi formación personal y profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|           |                                               |          |
|-----------|-----------------------------------------------|----------|
| <b>1</b>  | <b>CAPITULO I: GENERALIDADES.....</b>         | <b>1</b> |
| 1.1       | INTRODUCCIÓN .....                            | 1        |
| 1.2       | IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....             | 2        |
| 1.2.1     | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....              | 2        |
| 1.2.2     | FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....                 | 3        |
| 1.2.3     | SISTEMACIÓN DEL PROBLEMA .....                | 3        |
| 1.3       | OBJETIVOS .....                               | 4        |
| 1.3.1     | OBJETIVO GENERAL.....                         | 4        |
| 1.3.2     | OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                    | 4        |
| 1.4       | JUSTIFICACIÓN.....                            | 4        |
| 1.4.1     | JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....                    | 4        |
| 1.4.2     | JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....              | 5        |
| 1.4.3     | JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....                  | 5        |
| 1.5       | LIMITACIÓN DEL ESTUDIO .....                  | 6        |
| <b>2.</b> | <b>CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA .....</b> | <b>7</b> |
| 2.1       | MARCO TEÓRICO.....                            | 7        |
| 2.1.1     | ANTECEDENTES .....                            | 7        |
| 2.1.2     | CAMBIO CLIMÁTICO .....                        | 7        |
| 2.1.2.1   | ESCENARIOS CLIMÁTICOS .....                   | 9        |
| 2.1.2.1.1 | INCREMENTO DE TEMPERATURA.....                | 10       |
| 2.1.2.2   | ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO .....          | 10       |
| 2.1.3     | DESARROLLO SOSTENIBLE .....                   | 10       |
| 2.1.4     | COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO .....              | 12       |
| 2.1.4.1   | CICLO HIDROLÓGICO.....                        | 12       |
| 2.1.4.2   | CUENCA HIDROGRÁFICA.....                      | 13       |

|           |                                                                              |    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.4.2.1 | PARTES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS .....                                    | 14 |
| 2.1.5     | MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS .....                               | 15 |
| 2.1.6     | SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....                                | 18 |
| 2.1.6.1   | SUBSISTEMA DE UN SIG .....                                                   | 18 |
| 2.1.6.2   | APLICACIÓN SIG EN LA GESTION DE RIESGO DE DESASTRES.....                     | 18 |
| 2.1.7     | SISTEMA DE AGUA POTABLE.....                                                 | 19 |
| 2.1.7.1   | SISTEMAS DE A.P. Y SU VULNERABILIDAD FRENTE AL CAMBIO<br>CLIMÁTICO.....      | 21 |
| 2.1.8     | HERRAMIENTA METODOLOGÍA ARI (ANÁLISIS DE RESILIENCIA EN<br>INVERSIONES)..... | 22 |
| 2.1.8.1   | METODOLOGÍA PARA EVALUAR DE MEDIDAS RESILIENTES .....                        | 22 |
| 2.1.8.1.1 | MODULO DE EVALUACIÓN DE BENEFICIO – COSTO.....                               | 23 |
| 2.1.8.2   | INSTRUMENTO ARI EN BOLIVIA .....                                             | 26 |
| 2.2       | MARCO CONCEPTUAL.....                                                        | 27 |
| 2.2.1     | RIESGO.....                                                                  | 27 |
| 2.2.1.1   | REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES .....                                      | 28 |
| 2.2.1.2   | ANÁLISIS DE RIESGOS .....                                                    | 29 |
| 2.2.2     | AMENAZA .....                                                                | 29 |
| 2.2.2.1   | NATURAL .....                                                                | 30 |
| 2.2.2.2   | ANTRÓPICA.....                                                               | 30 |
| 2.2.2.3   | SOCIAL NATURAL .....                                                         | 30 |
| 2.2.2.4   | AMENAZAS NATURALES.....                                                      | 30 |
| 2.2.2.5   | CLIMATOGRÁFICAS.....                                                         | 30 |
| 2.2.2.6   | HIDROLÓGICAS.....                                                            | 31 |
| 2.2.2.7   | GEOLÓGICAS .....                                                             | 31 |
| 2.2.3     | VULNERABILIDAD.....                                                          | 31 |

|           |                                                                                              |           |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.3.1   | FACTORES DE LA VULNERABILIDAD .....                                                          | 31        |
| 2.2.4     | RESILIENCIA.....                                                                             | 32        |
| 2.2.4.1   | RESILIENCIA Y PREVENCIÓN DE DESASTRES .....                                                  | 32        |
| 2.2.5     | MITIGACIÓN .....                                                                             | 32        |
| 2.2.6     | DESASTRE .....                                                                               | 33        |
| 2.2.7     | ANALISIS DE RESILIENCIA EN INVERSIONES (ARI) .....                                           | 34        |
| 2.2.8     | SISTEMA DE AGUA POTABLE.....                                                                 | 34        |
| 2.3       | MARCO INSTITUCIONAL.....                                                                     | 34        |
| 2.3.1     | NATURALEZA Y RESPONSABILIDAD .....                                                           | 35        |
| 2.3.2     | DENOMINACIÓN .....                                                                           | 35        |
| 2.3.3     | DOMICILIO .....                                                                              | 35        |
| 2.3.4     | DURACIÓN .....                                                                               | 35        |
| 2.3.5     | REGIMEN LEGAL .....                                                                          | 36        |
| 2.4       | MARCO ESPACIAL .....                                                                         | 36        |
| 2.5       | MARCO TEMPORAL.....                                                                          | 36        |
| 2.6       | MARCO NORMATIVO.....                                                                         | 36        |
| 2.6.1     | CONSITITUCIÓN POLITICA DEL ESTADO PLURINACIONAL.....                                         | 36        |
| 2.6.1.1   | LEY MARCO DE AUTONOMIAS N.º 031 DE 19 DE JULIO 2010 .....                                    | 37        |
| 2.6.1.2   | LEY MARCO DE LA MADRE TIERRA Y DESARROLLO INTEGRAL LEY<br>N.º 300 15 DE OCTUBRE DE 2012..... | 37        |
| 2.6.1.3   | LEY DE GESTIÓN DE RIESGOS N.º 602 DE FECHA 14 DE NOVIEMBRE<br>DE 2014.....                   | 37        |
| 2.6.2     | BASE LEGAL PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA .....                                        | 38        |
| 2.6.2.1   | RESOLUCION MINISTERIAL N°592.....                                                            | 38        |
| <b>3.</b> | <b>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>                                                | <b>40</b> |
| 3.1       | UBICACIÓN DE LA ZONA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....                                                | 40        |

|          |                                                         |           |
|----------|---------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2      | DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE .....           | 41        |
| 3.3      | CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL ÁREA DE ESTUDIO .....   | 42        |
| 3.3.1.1  | GEOLOGÍA .....                                          | 42        |
| 3.3.1.2  | HIDROLOGIA .....                                        | 43        |
| 3.3.1.3  | CLIMATOLOGIA .....                                      | 43        |
| 3.3.1.4  | PRECIPITACIÓN.....                                      | 43        |
| 3.3.1.5  | EVAPOTRANSPIRACION .....                                | 44        |
| 3.4      | TIPO DE INVESTIGACIÓN.....                              | 44        |
| 3.5      | DETERMINACIÓN DE VARIABLES.....                         | 45        |
| 3.6      | INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....                      | 45        |
| 3.7      | LIMITACIONES .....                                      | 45        |
| 3.8      | MÉTODO Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....                | 45        |
| <b>4</b> | <b>CAPITULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b> | <b>48</b> |
| 4.1      | ASPECTOS FÍSICOS .....                                  | 48        |
| 4.1.1    | TIPO DE SUELO (TEXTURA) .....                           | 48        |
| 4.1.2    | TIPO DE ROCA .....                                      | 48        |
| 4.1.3    | USOS DE SUELO .....                                     | 48        |
| 4.1.4    | PENDIENTE.....                                          | 49        |
| 4.2      | TEMPERATURA .....                                       | 50        |
| 4.2.1.1  | TEMPERATURA MEDIA HISTÓRICA.....                        | 50        |
| 4.2.1.2  | TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA HISTÓRICA .....             | 53        |
| 4.3      | PRECIPITACIÓN.....                                      | 54        |
| 4.4      | CALIDAD DEL AGUA.....                                   | 56        |
| 4.5      | CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CUENCA.....                      | 59        |
| 4.5.1    | TEMPERATURA.....                                        | 59        |

|           |                                                                        |    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5.1.1   | ANÁLISIS DE TEMPERATURA DEL ESTUDIO “ÍNDICE DE VULNERABILIDAD” .....   | 61 |
| 4.5.2     | PRECIPITACIÓN.....                                                     | 62 |
| 4.5.2.1   | ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN DEL ESTUDIO “ÍNDICE DE VULNERABILIDAD” ..... | 65 |
| 4.5.3     | BALANCE HÍDRICO .....                                                  | 66 |
| 4.6       | DEMANDA POBLACIONAL DE AGUA .....                                      | 66 |
| 4.7       | EVENTOS ADVERSOS.....                                                  | 67 |
| 4.8       | ANÁLISIS DE AMENAZAS Y VULNERABILIDADES .....                          | 70 |
| 4.8.1     | ANÁLISIS DE AMENAZAS.....                                              | 70 |
| 4.8.1.1   | ANÁLISIS DE SEQUÍAS .....                                              | 70 |
| 4.8.1.2   | ANÁLISIS DE INUNDACIONES.....                                          | 72 |
| 4.8.1.3   | ANÁLISIS DE HELADAS Y GRANIZADAS .....                                 | 74 |
| 4.8.1.4   | ANÁLISIS DE SEDIMENTACION .....                                        | 75 |
| 4.8.1.5   | ANÁLISIS DE EROSION.....                                               | 76 |
| 4.8.1.6   | ANÁLISIS DE INCENDIOS .....                                            | 78 |
| 4.8.1.7   | ANÁLISIS DE OLAS DE CALOR.....                                         | 80 |
| 4.8.1.8   | ANÁLISIS DE LA VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO.....                        | 81 |
| 4.8.1.8.1 | VARIACIÓN MENSUAL DE VELOCIDAD DEL VIENTO .....                        | 82 |
| 4.8.2     | ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES.....                                      | 82 |
| 4.8.2.1   | INDICADOR DE SENSIBILIDAD .....                                        | 83 |
| 4.8.2.2   | INDICADOR DE CAPACIDAD DE ADAPTACION .....                             | 85 |
| 4.8.2.3   | VULNERABILIDAD POR PISO ECOLÓGICO .....                                | 86 |
| 4.9       | ÍNDICE AGREGADO DE RIESGO FUTURO AL CAMBIO CLIMÁTICO.....              | 88 |
| 4.10      | SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL RÍO LA VICTORIA.....                       | 89 |
| 4.10.1    | DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA.....                     | 89 |

|            |                                                                                                              |            |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.10.1.1   | FUENTES DE ABASTECIMIENTO.....                                                                               | 91         |
| 4.10.1.2   | OBRAS DE TOMA SOBRE EL RÍO LA VICTORIA .....                                                                 | 93         |
| 4.10.1.2.1 | PRESA DE DERIVACIÓN .....                                                                                    | 93         |
| 4.10.1.2.2 | TOMA DIRECTA.....                                                                                            | 94         |
| 4.10.1.2.3 | GALERIA FILTRANTE .....                                                                                      | 95         |
| 4.10.1.3   | ADUCCIÓN DEL SISTEMA.....                                                                                    | 96         |
| 4.10.2     | ÁREA DE INFLUENCIA DEL ANÁLISIS .....                                                                        | 97         |
| 4.10.3     | USO DE LAS FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO.....                                                                 | 99         |
| 4.10.3.1   | FUENTES DE AGUA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....                                                             | 99         |
| 4.10.3.2   | BALANCE DE OFERTA DEMANDA DE AGUA POTABLE.....                                                               | 100        |
| 4.10.3.3   | COBERTURA .....                                                                                              | 103        |
| 4.10.3.4   | CONTINUIDAD DEL SERVICIO.....                                                                                | 103        |
| 4.10.3.5   | CALIDAD DE AGUAS.....                                                                                        | 104        |
| 4.10.3.6   | CONSUMO DE AGUA POTABLE .....                                                                                | 105        |
| <b>5</b>   | <b>CAPITULO V: APLICACIÓN PRÁCTICA .....</b>                                                                 | <b>107</b> |
| 5.1        | APLICACIÓN METODOLÓGICA DEL ANÁLISIS DE RESILIENCIA EN<br>INVERSIONES (ARI) DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE..... | 107        |
| 5.1.1      | MODULO I: ANÁLISIS DE RIESGOS .....                                                                          | 108        |
| 5.1.1.1    | ETAPA 0: INICIO DEL PROYECTO .....                                                                           | 109        |
| 5.1.1.1.1  | REGISTRO DEL PROYECTO.....                                                                                   | 109        |
| 5.1.1.1.2  | IDENTIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS EN LA ZONA DEL<br>PROYECTO.....                                               | 110        |
| 5.1.1.1.3  | IDENTIFICACIÓN DE LAS VULNERABILIDADES Y POSIBLES<br>IMPACTOS.....                                           | 112        |
| 5.1.1.1.4  | IDENTIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES .....                                                                      | 114        |
| 5.1.1.1.5  | RESÚMEN DE IDENTIFICACIÓN .....                                                                              | 115        |
| 5.1.1.2    | ETAPA 1: ANÁLISIS DE RIESGO DEL PROYECTO.....                                                                | 116        |

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.1.2.1 AMENAZAS PRINCIPALES .....                                           | 117 |
| 5.1.1.2.2 POSIBLES AFECTACIONES.....                                           | 120 |
| 5.1.1.2.3 CAPACIDADES A DESARROLLAR .....                                      | 121 |
| 5.1.2 MODULO II: ANÁLISIS DE RESILIENCIA CLIMÁTICA.....                        | 122 |
| 5.1.2.1 ETAPA 2: ANÁLISIS DE RESILIENCIA FÍSICA.....                           | 122 |
| 5.1.2.1.1 COMPONENTES DEL SISTEMA.....                                         | 123 |
| 5.1.2.1.2 RESILIENCIA FÍSICA POR COMPONENTE Y AMENAZA.....                     | 123 |
| 5.1.2.1.3 RESUMEN DE ANÁLISIS DE RESILIENCIA FÍSICA DE CADA<br>COMPONENTE..... | 128 |
| 5.1.2.2 ETAPA 3: RESILIENCIA FUNCIONAL.....                                    | 129 |
| 5.1.2.3 ETAPA 4: PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIONES.....                           | 130 |
| 5.1.2.3.1 NIVEL DEL RIESGO DE CADA COMPONENTE.....                             | 131 |
| 5.1.2.3.2 COMPONENTES PRIORITARIOS .....                                       | 134 |
| 5.1.2.4 ETAPA 5: ANÁLISIS DE EFICACIA DE LAS MEDIDAS.....                      | 137 |
| 5.1.2.4.1 FACTORES QUE INCREMENTAN LA VULNERABILIDAD .....                     | 137 |
| 5.1.2.4.2 ESCENARIOS DE RIESGO.....                                            | 138 |
| 5.1.2.4.3 RESÚMEN DE ESCENARIOS DE RIESGO PARA LOS<br>COMPONENTES .....        | 141 |
| 5.1.2.4.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN .....                    | 141 |
| 5.1.3 MODULO III: EVALUACIÓN BENEFICIO – COSTO.....                            | 145 |
| 5.1.3.1 COSTO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN .....                               | 146 |
| 5.1.3.2 COSTOS EVITADOS .....                                                  | 149 |
| 5.1.3.3 CARACTERISTICAS Y UBICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE<br>ADAPTACIÓN.....       | 152 |
| 5.1.3.4 EVALUACIÓN DEL BENEFICIO – COSTO DEL SISTEMA DE AGUA<br>POTABLE.....   | 153 |

|          |                                                                                   |            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2      | RESUMEN DE FACTORES BENEFICIO – COSTO DE PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN..... | 156        |
| <b>6</b> | <b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                           | <b>159</b> |
| 6.1      | CONCLUSIONES .....                                                                | 159        |
| 6.2      | RECOMENDACIONES .....                                                             | 162        |
|          | <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>                                                         | <b>163</b> |
|          | <b>WEBGRAFÍA.....</b>                                                             | <b>166</b> |

## **NÓMINA DE ANEXOS**

ANEXO N.º 1: Mapa temático de oferta hídrica actual y futura por subcuencas de la cuenca del río Guadalquivir

ANEXO N.º 2: Mapa potencial de recarga hídrica en la cuenca La Victoria – Uso actual de consumo humano

ANEXO N.º 3: Mapa de Amenaza de Escasez de agua por UH

ANEXO N.º 4: Mapa de Amenazas de heladas e incendios forestales

ANEXO N.º 5: Mapa de riesgo por inundación o desborde

ANEXO N.º 6: Mapa de riesgo de ocurrencia y riesgo de heladas y granizadas

ANEXO N.º 7: Mapa de riesgo de sequías

ANEXO N.º 8: Plano Sistema de Agua Potable - Plan Maestro de agua y Saneamiento para la ciudad de Tarija

ANEXO N.º 9: Análisis de precios unitarios

## **ÍNDICE DE TABLAS**

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2.1 Relación entre criterios, situaciones y enfoques de manejo de cuencas.....                | 17 |
| Tabla 3.1 Ubicación de la cuenca .....                                                              | 40 |
| Tabla 4.1 Tipo de suelo .....                                                                       | 48 |
| Tabla 4.2 Tipo de roca .....                                                                        | 48 |
| Tabla 4.3 Uso de suelo .....                                                                        | 49 |
| Tabla 4.4 Pendiente de la cuenca del río La Victoria .....                                          | 49 |
| Tabla 4.5 Temperatura Histórica mensual en °C de la cuenca del río La Victoria.....                 | 51 |
| Tabla 4.6 Temperatura Máxima y Mínima mensual Extrema en (°C) de la cuenca del río La Victoria..... | 54 |
| Tabla 4.7 Precipitación Histórica mensual en (mm) de la cuenca del río La Victoria .....            | 54 |
| Tabla 4.8 Resultados del ICA – NSF en el río La Victoria.....                                       | 57 |
| Tabla 4.9 Determinación del ICO en el río La Victoria.....                                          | 57 |

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 4.10 Determinación de la calidad Biológica a través de macroinvertebrados bentónicos (BMWP/bol) en el río La Victoria .....                                           | 58 |
| Tabla 4.11 Temperatura Media Multianual con Escenarios Climáticos de la cuenca del río La Victoria.....                                                                     | 59 |
| Tabla 4.12 Variación Mensual de Temperatura con Escenarios Climáticos de la cuenca del río La Victoria .....                                                                | 60 |
| Tabla 4.13 Precipitación Media Multianual con Escenarios Climáticos de la Cuenca del río La Victoria.....                                                                   | 63 |
| Tabla 4.14 Precipitación Media Multianual con Escenarios Climáticos de la Cuenca del río La Victoria.....                                                                   | 63 |
| Tabla 4.15 Balance Hídrico de la Cuenca del Río Guadalquivir con Escenarios Climáticos .....                                                                                | 66 |
| Tabla 4.16 Relación de oferta y demanda en la cuenca para periodo histórico y escenarios futuros .....                                                                      | 66 |
| Tabla 4.17 Eventos adversos en el Municipio de Tarija .....                                                                                                                 | 67 |
| Tabla 4.18 Ocurrencia de Eventos adversos en el periodo 2016-2019 en los municipios de Tarija y San Lorenzo.....                                                            | 70 |
| Tabla 4.19 Grado de amenaza a Exceso de Agua para la cuenca del río La Victoria .....                                                                                       | 73 |
| Tabla 4.20 Grado de erosión según unidad .....                                                                                                                              | 77 |
| Tabla 4.21 Grado de erosión por superficie ocupada según tipo de vegetación en los escenarios de no protección en la cuenca La Victoria – dentro de la Reserva de Sama..... | 77 |
| Tabla 4.22 Grado de erosión por superficie ocupada según tipo de vegetación en los escenarios de no protección en la cuenca La Victoria – fuera de la Reserva de Sama.....  | 77 |
| Tabla 4.23 Grado de erosión por superficie ocupada según tipo de vegetación en los escenarios de no protección en toda la cuenca La Victoria.....                           | 78 |
| Tabla 4.24 Amenazas y variables para la Vulnerabilidad a la Sensibilidad en la zona de estudio .....                                                                        | 83 |
| Tabla 4.25 Fuentes superficiales y sub superficiales de agua en época de lluvia - Tarija...                                                                                 | 92 |
| Tabla 4.26 Componentes de la fuente principal del Sistema de Agua Potable del río La Victoria.....                                                                          | 93 |

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 4.27 Producción de fuentes superficiales y subsuperficiales 2014 – 2018 (m3) - Tarija .....            | 99  |
| Tabla 4.28 Balance oferta y demanda en fuentes de agua – Tarija con proyección hasta el año 2036 .....       | 100 |
| Tabla 4.29 Tanques de almacenamiento de agua en la zona urbana de Tarija.....                                | 101 |
| Tabla 4.30 Sectores de servicio para la distribución de agua potable - Tarija .....                          | 102 |
| Tabla 5.1 Información de Registro de Proyectos en el ARI.....                                                | 109 |
| Tabla 5.2 Planilla identificación de amenazas en la zona del proyecto.....                                   | 111 |
| Tabla 5.3 Planilla de identificación de Vulnerabilidad e Impacto.....                                        | 113 |
| Tabla 5.4 Planilla de identificación de capacidades .....                                                    | 114 |
| Tabla 5.5 Resumen de Amenazas Identificadas .....                                                            | 115 |
| Tabla 5.6 Resumen de Vulnerabilidades Identificadas .....                                                    | 116 |
| Tabla 5.7 Resumen de Capacidades Identificadas a Mejorar.....                                                | 116 |
| Tabla 5.8 Amenazas Registradas .....                                                                         | 117 |
| Tabla 5.9 Resumen de afectaciones por amenaza principal de la cuenca del río La Victoria en el sistema ..... | 120 |
| Tabla 5.10 Identificación de las Capacidades a Desarrollar .....                                             | 121 |
| Tabla 5.11 Componentes del proyecto.....                                                                     | 123 |
| Tabla 5.12 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Inundaciones súbitas .....                           | 124 |
| Tabla 5.13 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Heladas.....                                         | 124 |
| Tabla 5.14 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Incendios Forestales.....                            | 125 |
| Tabla 5.15 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Alto arrastre de sedimentos en las quebradas.....    | 125 |
| Tabla 5.16 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Déficit hídrico y/o sequías .....                    | 126 |
| Tabla 5.17 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Granizadas.....                                      | 126 |
| Tabla 5.18 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Arrastre o caída de rocas y pedrones .....           | 127 |
| Tabla 5.19 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Incremento de Temperaturas.....                      | 127 |
| Tabla 5.20 Análisis de resiliencia Física de cada componente .....                                           | 128 |
| Tabla 5.21 Análisis de resiliencia Funcional del proyecto.....                                               | 130 |
| Tabla 5.22 Análisis de resiliencia Funcional de cada componente .....                                        | 130 |

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 5.23 Indicador de evaluación por recurrencia de las Amenazas.....                           | 131 |
| Tabla 5.24 Recurrencia de Amenazas y probabilidad de ocurrencia.....                              | 132 |
| Tabla 5.25 Matriz de Nivel del Riesgo .....                                                       | 132 |
| Tabla 5.26 Nivel de riesgo de cada componente del proyecto .....                                  | 133 |
| Tabla 5.27 Resumen de Priorización de intervenciones en el sistema .....                          | 135 |
| Tabla 5.28 Resumen de Medidas de Incremento de Resiliencia .....                                  | 136 |
| Tabla 5.29 Factores que afectan la vulnerabilidad de cada componente .....                        | 138 |
| Tabla 5.30 Nivel de Riesgo Actual y Futuro de componentes prioritarios.....                       | 141 |
| Tabla 5.31 Identificación de las Medidas de Adaptación .....                                      | 143 |
| Tabla 5.32 Presupuesto general de Medida de adaptación 1.....                                     | 146 |
| Tabla 5.33 Presupuesto general de Medida de adaptación 2.....                                     | 147 |
| Tabla 5.34 Presupuesto general de Medida de adaptación 3.....                                     | 148 |
| Tabla 5.35 Contenido a impartir en los talleres.....                                              | 149 |
| Tabla 5.36 Costos de rehabilitación y reconstrucción del componente.....                          | 149 |
| Tabla 5.37 Costo de rehabilitación del componente para escenario de medida 2 .....                | 150 |
| Tabla 5.38 Monto anual de cobro de facturación por COSAALT .....                                  | 150 |
| Tabla 5.39 Perdidas de ganancias esperadas antes del evento .....                                 | 150 |
| Tabla 5.40 Pérdidas Indirectas.....                                                               | 151 |
| Tabla 5.41 Evaluación de Beneficio – Costo de la Medida 1 .....                                   | 153 |
| Tabla 5.42 Evaluación de Beneficio – Costo de la Medida 2 .....                                   | 154 |
| Tabla 5.43 Evaluación de Beneficio – Costo de la Medida 3 .....                                   | 155 |
| Tabla 5.44 Resumen de Factores Beneficio – Costo de Propuestas de Medidas de Implementación ..... | 156 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1 Gestión del RDD desde diversos futuros escenarios posibles .....                                                                                                                                                 | 9  |
| Figura 2.2 Incremento anual de la temperatura a nivel Global .....                                                                                                                                                          | 10 |
| Figura 2.3 Ciclo Hidrológico.....                                                                                                                                                                                           | 12 |
| Figura 2.4 Análisis de Cuenca Hidrográfica por a) Partes b) Perfil longitudinal.....                                                                                                                                        | 14 |
| Figura 2.5 Agua Recurso Integrador y Estratégico.....                                                                                                                                                                       | 16 |
| Figura 2.6 Esquema de componentes de un sistema de agua potable.....                                                                                                                                                        | 20 |
| Figura 2.7 Módulos para el Análisis de Resiliencia Climática .....                                                                                                                                                          | 23 |
| Figura 2.8 Vínculos entre el desarrollo, reducción de la vulnerabilidad, la ACC y el Riesgo de desastres.....                                                                                                               | 27 |
| Figura 2.9 Ciclo de la Gestión del Riesgo.....                                                                                                                                                                              | 28 |
| Figura 3.1 Identificación del área de estudio.....                                                                                                                                                                          | 41 |
| Figura 3.2 Descripción del río de La Victoria y componentes.....                                                                                                                                                            | 42 |
| Figura 3.3 Esquema metodológico de Investigación .....                                                                                                                                                                      | 46 |
| Figura 4.1 Mapa de pendientes en la cuenca.....                                                                                                                                                                             | 50 |
| Figura 4.2 Variabilidad Mensual de Temperatura Histórica en la cuenca del Río La Victoria .....                                                                                                                             | 52 |
| Figura 4.3 Tendencia de Temperatura Histórica (1980-2018) de la cuenca del Río La Victoria.....                                                                                                                             | 53 |
| Figura 4.4 Tendencia de Precipitación Histórica (1980 – 2018) de la cuenca del río La Victoria.....                                                                                                                         | 55 |
| Figura 4.5 Precipitación y Temperatura Media Histórica mensual de la cuenca del río La Victoria.....                                                                                                                        | 56 |
| Figura 4.6 Ubicación del punto de muestreo de calidad del Agua en el río La Victoria (P8) .....                                                                                                                             | 57 |
| Figura 4.7 Rangos de calidad asignados al BMWP/Bol por clase y calidad de agua.....                                                                                                                                         | 58 |
| Figura 4.8 Incremento de la Temperatura Media Histórica con Escenarios Climáticos de la cuenca del río La Victoria .....                                                                                                    | 61 |
| Figura 4.9 Variación de la temperatura máxima anual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo), CP: corto plazo (horizonte 2040) / MP: medio plazo (horizonte 2070) / LP: largo plazo (horizonte 2100)..... | 62 |

|                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.10 Precipitación y Temperatura Media mensual (2020 – 2050) con Escenario Climático IPSL – CM5A - MR_RCP6.0 de la cuenca del río La Victoria .....                                                                                             | 64 |
| Figura 4.11 Precipitación y Temperatura Media mensual (2020 – 2050) con Escenario Climático IPSL – CM5A - MR_RCP8.5 de la cuenca del río La Victoria .....                                                                                             | 64 |
| Figura 4.12 Variación de la precipitación promedio anual respecto a la actual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo). CP: corto plazo (horizonte 2040) / MP: medio plazo (horizonte 2070) / LP: largo plazo (horizonte 2100). .... | 65 |
| Figura 4.13 Demanda poblacional de agua potable modelo WEAP.....                                                                                                                                                                                       | 67 |
| Figura 4.14 Desastres Naturales Reportados en el Municipio de Tarija.....                                                                                                                                                                              | 68 |
| Figura 4.15 Línea de Tiempo de Eventos Meteorológicos Adversos en el Municipio de Tarija .....                                                                                                                                                         | 69 |
| Figura 4.16 Índice de escases de agua histórico (2012-2018).....                                                                                                                                                                                       | 71 |
| Figura 4.17 Índice de escases de agua Futuro considerando 7 líneas estrategias (2050) ....                                                                                                                                                             | 71 |
| Figura 4.18 Indicador de grado de Amenaza a Inundación en la cuenca del río La Victoria y adyacentes. ....                                                                                                                                             | 73 |
| Figura 4.19 Indicador de amenaza a Heladas en la cuenca del río La Victoria y adyacentes .....                                                                                                                                                         | 75 |
| Figura 4.20 Indicador de amenaza a Incendios en la cuenca del río La Victoria y adyacentes. ....                                                                                                                                                       | 79 |
| Figura 4.21 Huella de Incendios y focos de calor en la cuenca del río La Victoria .....                                                                                                                                                                | 80 |
| Figura 4.22 Velocidad mensual máxima de viento (Est. Met. Tarija Aeropuerto) .....                                                                                                                                                                     | 81 |
| Figura 4.23 Variación mensual de la Velocidad en la estación Tarija Aeropuerto .....                                                                                                                                                                   | 82 |
| Figura 4.24 Indicador de vulnerabilidad a la sensibilidad en la cuenca del río La Victoria y adyacentes. ....                                                                                                                                          | 85 |
| Figura 4.25 Indicador de vulnerabilidad a la capacidad de adaptación en la cuenca del río La Victoria y adyacentes. ....                                                                                                                               | 86 |
| Figura 4.26 Grado de vulnerabilidad distribuido por piso ecológico en el departamento de Tarija .....                                                                                                                                                  | 87 |
| Figura 4.27 Grado de vulnerabilidad en la cuenca del río La Victoria por dimensiones.....                                                                                                                                                              | 88 |
| Figura 4.28 Funcionamiento operacional de todo el sistema de Agua Potable del departamento de Tarija.....                                                                                                                                              | 90 |

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.29 Descripción del sistema de Agua Potable de la fuente del río La Victoria .....                      | 90  |
| Figura 4.30 Unidades Hidrológicas cuenca del río La Victoria .....                                              | 98  |
| Figura 4.31 Área de influencia de análisis de la cuenca y ubicación de los componentes del sistema.....         | 98  |
| Figura 4.32 Continuidad de servicio de agua potable.....                                                        | 104 |
| Figura 5.1 Pantalla de selección del tipo de Proyecto .....                                                     | 107 |
| Figura 5.2 Módulos para el análisis de resiliencia climática.....                                               | 108 |
| Figura 5.3 Modulo I (etapa 0 y 1) del software ARI .....                                                        | 109 |
| Figura 5.4 Planillas de amenazas, vulnerabilidades y capacidades, Etapa 0 .....                                 | 110 |
| Figura 5.5 Análisis del riesgo del Proyecto, Etapa 1 .....                                                      | 117 |
| Figura 5.6 Modulo II (etapas 2 a 5) de la metodología ARI .....                                                 | 122 |
| Figura 5.7 Planillas para el análisis de resiliencia física, Etapa 2 .....                                      | 123 |
| Figura 5.8 Planillas para el análisis de resiliencia funcional, Etapa 3 .....                                   | 129 |
| Figura 5.9 Planillas para la priorización de intervenciones, Etapa 4.....                                       | 131 |
| Figura 5.10 Planillas para el análisis de eficacia de las medidas, Etapa 5.....                                 | 137 |
| Figura 5.11 Planilla que representan escenarios de riesgo actual y riesgo incorporado con cambio climático..... | 140 |
| Figura 5.12 Análisis de Eficacia de las Medidas de Adaptación.....                                              | 144 |
| Figura 5.14 Planilla para la Evaluación beneficio – costo .....                                                 | 145 |
| Figura 5.15 Ubicación de emplazamiento de las medidas de adaptación 1 y 3 .....                                 | 152 |
| Figura 5.16 Áreas de Reforestación en la cuenca.....                                                            | 152 |

## **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Fotografía 4.1 Fuente de agua del Río La Victoria.....           | 91 |
| Fotografía 4.2 Presa derivadora del sistema de agua potable..... | 94 |
| Fotografía 4.3 Obra de Toma Directa del sistema.....             | 95 |
| Fotografía 4.4 Galería Filtrante .....                           | 96 |
| Fotografía 4.5 Canal de aducción .....                           | 97 |