

## RESUMEN EJECUTIVO

### ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO”

#### TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANALISIS DEL MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL .....</b>	<b>1</b>
<b>3. DESCRIPCION DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
3.1 Embalse.....	5
3.2 Presa .....	5
3.3 Túnel de Traslase.....	6
3.4 Recursos Humanos Necesarios.....	7
3.5 Cronograma de Ejecución de las Obras .....	7
3.6 Presupuesto de Ejecución de las Obras .....	8
3.7 Capacidad Útil de Embalse .....	8
<b>4. LINEA BASE AMBIENTAL .....</b>	<b>8</b>
4.1 Área de Influencia Ambiental .....	8
4.2 Componente Físico .....	9
4.2.1 Clima y Meteorología.....	9
4.2.2 Calidad de Aire y Ruido.....	10
4.2.3 Calidad del Agua .....	10
4.2.4 Suelos.....	11
4.2.5 Hidrología .....	13
4.2.6 Geología .....	15
4.2.7 Hidrogeología .....	18
4.3 Componente Biológico .....	19
4.3.1 Ecología y Zonas de Vida .....	19
4.3.2 Flora.....	19
4.3.3 Fauna.....	19
4.3.4 Evaluación Hidrobiológica .....	20
4.3.5 Agrostología .....	20
4.4 Componente Socioeconómico .....	21
4.4.1 Área de influencia Social del Proyecto.....	22
4.5 Componente Cultural .....	25
<b>5. IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES.....</b>	<b>26</b>
5.1 Generalidades .....	26
5.2 Metodología para la Evaluación de Impactos .....	27
5.3 Desarrollo Metodológico para la Evaluación de Impactos para el Proyecto.....	28
5.4 Resultados de la Evaluación de Impactos Ambientales .....	28
<b>6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL .....</b>	<b>31</b>

6.1	Programas del Plan de Manejo .....	31
6.2	Responsabilidad de Implementación del lan.....	33
<b>7.</b>	<b>PLAN DE CONTINGENCIA .....</b>	<b>1</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>1</b>
8.1	Conclusiones .....	1
8.2	Recomendaciones.....	9

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente resumen ejecutivo del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la Represa de Angostura y Gestión Ambiental a Nivel Definitivo, en su parte introductoria, revela al lector cuáles son los objetivos, generales y específicos de dicho estudio, sus alcances, la justificación del proyecto, la metodología general para su elaboración, los antecedentes sociales y legales del proyecto así como su ubicación y accesibilidad.

El estudio tiene como fin principal evaluar los efectos de la construcción, operación y cierre de la represa de Angostura, por lo cual ha comprendido el estudio y evaluación de la zonas donde estará ubicado el embalse y represa propiamente dicha (Pampas de Pusa Pusa y La Calera) y las zona comprendida aguas abajo de la construcción de la represa en el eje del río Apurímac hasta su confluencia con el río Salado.

El proyecto Especial Majes Siguan ha sido declarado de Interés nacional y ejecución prioritaria para el año 2010 por Decreto de Urgencia 121-2009. Debe entenderse el interés nacional como bienestar general, moral y buenas costumbres, etc. Este concepto forma parte de los denominados “conceptos jurídicos indeterminados”. Podría afirmarse que interés nacional alude al interés o bienestar general que el Estado debe procurar con su acción, y no así a los intereses particulares de un determinado grupo. Así lo ha expresado el Tribunal Constitucional cuando afirma que interés nacional quiere decir que los beneficios que depara la aplicación de la medida no pueden circunscribir sus efectos en intereses determinados, sino por el contrario, deben alcanzar a toda la comunidad.

Concordante con el interés del Estado, el objetivo general del presente estudio es identificar, evaluar y comunicar todos los impactos ambientales potenciales que el proyecto podría generar en sus diferentes etapas, teniendo en cuenta la normatividad sectorial y nacional vigente, considerando las características propias del proyecto y del medio donde se emplaza, estableciendo las medidas de manejo necesarias para garantizar sus sostenibilidad de manera que constituya una adecuada herramienta de gestión ambiental.

## **2. ANALISIS DEL MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL**

El marco legal en el que se circunscribe el EIA del proyecto, está conformado por las normas y/o dispositivos legales vigentes en nuestro país, que tienen relación directa con la ejecución del proyecto y la conservación del ambiente.

Iniciamos con una reseña de normas de protección ambiental general, vigentes a la fecha, citando por nivel jerárquico la Constitución Política de 1993. Dicho dispositivo, en su artículo 2º, inciso 22, reputa como fundamental el derecho de la persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, derecho reconocido de igual manera por la Ley General del Ambiente, Ley N°28611.

Por su parte la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, Ley N° 28245, concordante con el Decreto Legislativo N° 1013, de creación del Ministerio del Ambiente,

señala que el sector ambiental comprende el Sistema Nacional de Gestión Ambiental como sistema funcional, el que integra al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, el Sistema Nacional de Información Ambiental y al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; así como la gestión de los recursos naturales, en el ámbito de su competencia, de la biodiversidad, del cambio climático, del manejo de los suelos y de los demás ámbitos temáticos que se establecen por ley, materias debidamente desarrolladas.

Mediante Ley N° 29325, de fecha 4 de marzo de 2009 y publicado el 5 del mismo mes, se promulgó la Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental. La Ley desarrolla temas sobre las entidades competentes que forman parte del Sistema sus órganos y las funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), así como su potestad sancionadora administrativa, su régimen laboral y económico, entre otros. En materia de energía, por Decreto Supremo 001.2010-MINAM, publicada el 21 de enero de 2010, se aprueba el inicio del proceso de transferencia de funciones de supervisión, fiscalización y sanción en materia ambiental del OSINERMIN al OEFA.

El segundo sub título del marco legal del EIA está orientado a reseñar normas que regulan la biodiversidad, tales como: la Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica, Ley de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, Ley de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, que en el presente caso constituye el recurso agua, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, categorización de especies amenazadas tanto de flora como de fauna, entre los más relevantes.

El tercer sub capítulo del marco legal del EIA trata sobre la protección del patrimonio arqueológico y elabora sobre la legislación de preservación, protección y rescate que debe tomarse en cuenta durante la ejecución del proyecto, en virtud de hallazgos o evidencias arqueológicas, citando la Resolución Suprema 004-2005-ED que define los conceptos y procedimientos necesarios para el desarrollo de proyectos de investigación y evaluaciones arqueológicas en sus diferentes modalidades, así como los organismos técnicos competentes para la calificación y supervisión de proyectos y la obtención del “Certificado de Inexistencia de Restos arqueológicos” (CIRA).

El cuarto sub capítulo referido a la protección de la salud, detalla las normas de estricto cumplimiento por parte de las personas naturales y jurídicas, públicas y privadas, que obligan a abstenerse de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, aire o suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señala las normas sanitarias y de protección del ambiente. Para este efecto, se detallan las normas que establecen los Estándares de Calidad Ambiental para agua (D.S. 002-2008-MINAM), los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (D.S. 003-2008-MINAM), Estándares de Calidad Ambiental para Ruido (D.S. N° 085-2003-PCM), Límites Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos (R.D. N° 008-97-EM/DGAA), entre otros.

El marco legal aplicado al sector se encuentra detallado en el sub capítulo quinto empezando con la Ley de Recursos Hídricos N° 29338 que derogó la Ley General de Aguas, seguido por el Decreto Legislativo N° 081 que crea el Sistema Nacional de Recursos Hídricos, el Decreto Legislativo N° 997 que promueve la inversión privada en proyectos de irrigación para la ampliación de la frontera agrícola y su Reglamento. En este mismo sub capítulo hacemos una descripción histórica de las normas relacionadas con el Proyecto Especial Majes Siguan, y

empezando con el Decreto Legislativo N°252-73-AG que crea el proyecto que fuera concebido como un proyecto regional de propósitos múltiples basado en la regulación y derivación de recursos hídricos de las cuencas altas de los ríos Colca y Apurímac, para su uso racional en la irrigación de hasta 60 000 hectáreas de tierras nuevas en las Pampas de Majes y Sigwas (Región Arequipa). Complementariamente, el proyecto ha previsto el uso no consuntivo del agua en la generación de energía eléctrica a gran escala. Así, desde la fecha de creación del proyecto hasta la actualidad se han sucedido una vasta legislación que declara de necesidad y utilidad pública y de interés regional y nacional la ejecución total de la Segunda Etapa del Proyecto Majes – Sigwas.

En el sub capítulo sexto y final del marco legal del EIA desarrolla la norma básica sobre Participación Ciudadana en nuestro país, aprobada por Decreto Supremo N°002-2009-MINAM, Reglamento sobre transparencia, acceso a la información pública ambiental y participación y consulta ciudadana en asuntos ambientales.

Complementariamente realizamos un análisis institucional, público y privado, de los principales actores sociales identificados en el presente proyecto, empezando a nivel macro con el Ministerio del Ambiente, la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Agricultura, la Autoridad Nacional del Agua, el Instituto Nacional de Cultura, para pasar a detallar los gobiernos regionales y locales, la Defensoría del Pueblo, la Autoridad Autónoma de Majes – AUTODEMA, Comité Ciudadano para la Defensa y Ejecución de Majes Sigwas II, el Proyecto Especial Regional de Mejoramiento de Riego en la Sierra y Selva del Cusco (Plan Meriss), y organizaciones diversas. Finalmente, se hace una breve reseña de las normas que regulan las concesiones, permisos y licencias requeridas para la ejecución del proyecto.

### **3. DESCRIPCION DEL PROYECTO**

El proyecto en evaluación (Represa de Angostura) constituye parte de la infraestructura prevista en la II Etapa del proyecto Especial Majes Sigwas. El proyecto fue concebido para para ejecutarse en dos etapas, y su formulación y concepción general, estuvo basada en fomentar el desarrollo regional a través de la regulación y derivación de los recursos hídricos provenientes de las cuencas altas de los ríos Colca y Apurímac, para su aprovechamiento y uso múltiple, en la irrigación de tierras en las pampas de Majes y Sigwas, así como la generación de energía eléctrica.

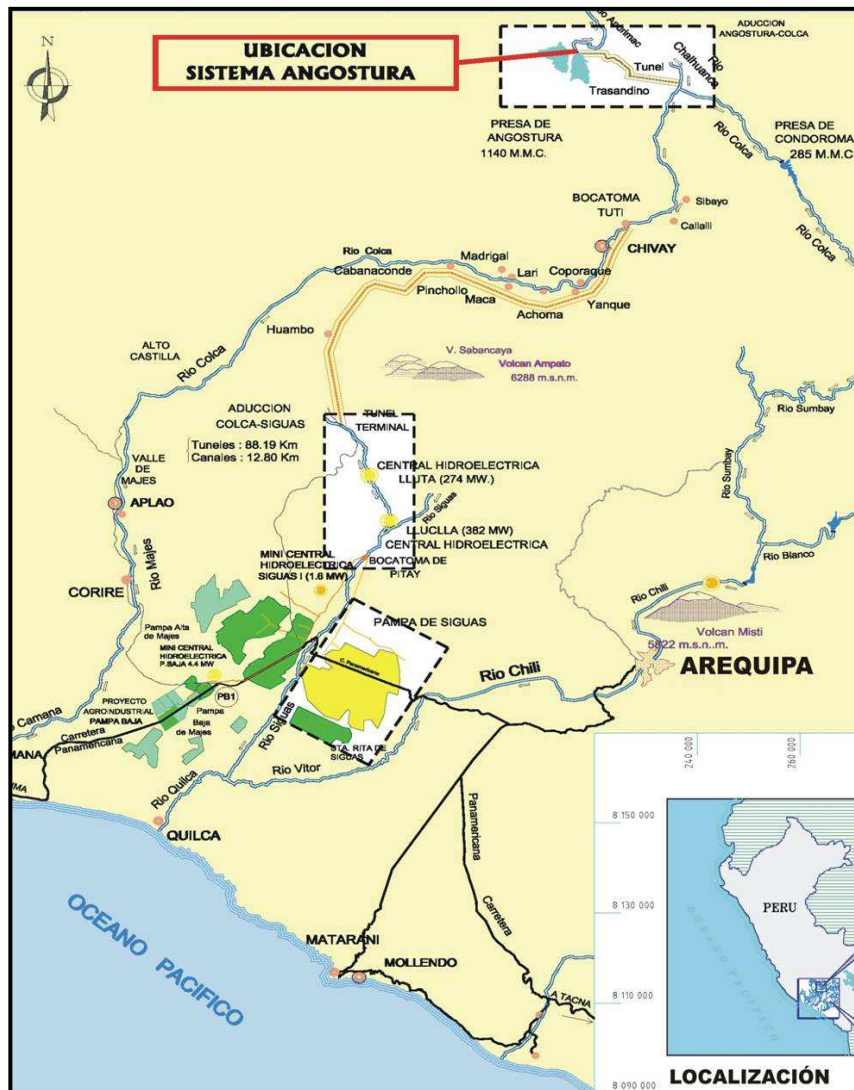
La I Etapa del Proyecto se inició en el año 1973 y, comprendió la construcción del embalse de Condorama con una capacidad de 285 Hm<sup>3</sup> la toma de Tuti en el río Colca y la derivación Tuti – Huasamayo de 101 km (88 km de túneles y 13 km de canales) de capacidad de 34 m<sup>3</sup>/s, la toma de Pitay en el río Sigwas, la derivación a las pampas Majes y la irrigación de hasta 23 000 ha de tierras

La II Etapa del proyecto, comprende la construcción de la presa de Angostura de 1 140 Hm<sup>3</sup> de capacidad neta, ubicada en la cuenca alta del río Apurímac; un túnel de derivación de 30 m<sup>3</sup>/s de capacidad y 16,507 km de largo, que deriva las aguas del embalse a la quebrada de Chalhuanca - afluente del río Colca -, una toma en el río Sigwas y la conducción de las aguas hacia las pampas de Sigwas, para regar 38 500 ha. Posteriormente, comprende el

aprovechamiento del recurso con fines de generación eléctrica a través de la construcción de centrales hidroeléctricas.

Cabe resaltar que el recurso hídrico más importante del Proyecto Especial Majes Siguas, proviene de la regulación del río Apurímac, el cual permitirá incorporar 38 500 hectáreas agrícolas y la producción de energía en por lo menos 530 MW. La gestión de este proyecto está asociada a la promoción de la inversión privada y la optimización de la infraestructura hidráulica mayor existente.

**Figura RE 3-1:**  
**Ubicación de las Obras Projectadas de la II Etapa del Proyecto**



Asimismo, señalamos que anteriormente se han desarrollado diversos estudios relacionados al Proyecto Especial Majes Siguas, los cuales centraron su atención al estudio de los componentes asociados a la región Arequipa, específicamente la cuenca del Colca, no habiéndose estudiado en detalle los efectos del proyecto en la cuenca madre de la cual se prevé tomar el recurso hídrico, es decir el río Apurímac, en el cual se prevé una menor disponibilidad del recurso hídrico a causa del trasvase de las aguas. De este modo el presente

estudio está enfocado al análisis del impacto de la construcción y operación de la presa Angostura y sus efectos aguas abajo en el río Apurímac.

De acuerdo a los estudios de ingeniería desarrollados hasta la fecha se ha estimado un periodo de construcción de la II Etapa del proyecto Especial Majes Siguan de 33 meses<sup>1</sup> (el cual comprende tanto la construcción de la presa y túnel de derivación). A continuación se describen sus principales componentes, de acuerdo al Estudio y Proyecto Definitivo de la Presa de Angostura y Derivación Angostura – Colca; 1999, elaborado por la Asociación HARZA – MISTI por encargo de AUTODEMA; cabe señalar que dicho estudio ha sido remitido por AUTODEMA como el estudio e informe oficial del proyecto.

### 3.1 Embalse

El embalse abarcará las pampas de La Calera en el eje del río Apurímac y las pampas de Pusa Pusa en el eje del río Hornillos, la superficie de la cuenca captada asciende a 1 290 km<sup>2</sup>, la zona de embalse está conformada por sedimentos litificados con características típicas de un fondo lacustre, lo que permitiría contar con condiciones favorables para la impermeabilización del embalse. En el cuadro siguiente se presentan sus principales características.

**Cuadro RE 3-1: Características Técnicas del Embalse**

Ítem	Características Técnicas	Descripción
1	Máximo nivel del embalse (50% PMF)	4 215,4 msnm
2	Máximo nivel del embalse (PMF)	4 216,6 msnm
3	Nivel de Agua Máximo Normal	4 214 msnm
4	Nivel de Agua Mínimo Normal	4 174 msnm
5	Volumen Bruto	1 290 Hm <sup>3</sup>
6	Volumen Neto	1 140 Hm <sup>3</sup>
7	Volumen Muerto	151 Hm <sup>3</sup>
8	Cuenca Captada	1 290 km <sup>2</sup>

### 3.2 Presa

La represa estará ubicada en el lecho del río Apurímac, aguas abajo de la confluencia con el río Hornillos, estando su eje a 600 metros de dicha confluencia. La zona donde se ubica se denomina La Angostura y comprende una garganta natural (cañón) orientada en dirección Norte-Sur, conformada por los cerros Chirioca (izquierda) y Huaypune (derecha), la cual presenta buenas condiciones para el emplazamiento de la presa dada su geomorfología uniforme y simétrica, y su sección aparente en forma de “V”.

Se ha estimado que para la construcción de la Presa se empleará 50 000 toneladas de cemento, con una altura máxima de 102 m con una cota de coronación de 4217 msnm; la

---

<sup>1</sup> Fuente: Estudio Definitivo para las Obras de la Presa Angostura y la Derivación Angostura - Asociación HARZA – MISTI, 1999

longitud de la corona alcanzará los 302 m, además contará con un aliviadero escalonado con una ojiva sin compuertas, que permitirá el rebose del agua sin afectar la estructura<sup>2</sup> tendrá un ancho de 50 m. A continuación se presentan las características técnicas de su diseño y construcción:

**Cuadro RE 3-2: Características Técnicas de la Presa**

Ítem	Características Técnicas	Descripción
1	Tipo	CCR (Concreto compactado con rodillo)
2	Cota de coronación	4 217 msnm
3	Longitud de coronación	302 m
4	Altura máxima (desde la fundación)	102
5	Cresta del aliviadero	4 214 msnm
6	Aliviadero	Tipo escalonado
7	Talud aguas arriba	Vertical
8	Talud aguas abajo	0,75 H: 1,0 V

Estructuras de la presa:

La presa contará con estructura de descarga de fondo, estructuras de galerías de drenaje, estructuras del aliviadero, pozas de disipación de energía y ataguías, los cuales permitirán controlar el nivel del embalse y limpieza de los sedimentos, asegurando el funcionamiento del sistema de descarga de fondo y aliviando las subpresiones hidrostáticas, tanto en la base de la presa como en el concreto masivo de CCR.

### **3.3 Túnel de Trasvase**

El túnel proyectado permitirá el trasvase de las aguas del río Apurímac hacia la cuenca del Colca. Se inicia en la bocatoma ubicada aguas arriba de la presa, en el estribo derecho sobre el cerro Huaypune y desemboca en el río Chalhuanca, el cual es afluente del Colca. La longitud total del túnel es de 16,507 km, con una capacidad de 30 m<sup>3</sup>/s, el diámetro hidráulico es de 4,5 m y algunos tramos serán revestidos para responder a las condiciones geológicas. El diseño del túnel contempla una división de dos tramos: El primer tramo lo constituye el túnel Pucará, con una longitud de 7,117 km; el segundo tramo llamado Trasandino, posee una extensión de 9,390 km. El túnel concluirá en el portal de salida ubicado a una altitud de 4 168 msnm, que entrega sus aguas a una poza disipadora de presión y luego mediante un canal de concreto al río Chalhuanca.

La construcción del túnel se desarrollará mediante el procedimiento de perforación TBM (Túnel Boring Machines) o topos-mientras sea posible-, reduciendo así las pérdidas de carga y el

---

<sup>2</sup> Sobre el particular, existe una propuesta en el Plan de Manejo Ambiental del presente estudio.



costo de revestimiento, cabe indicar que las formaciones geológicas encontradas son favorables para el uso de maquinaria TBM. Adicionalmente, este procedimiento de perforación permite un avance mucho mayor que los métodos convencionales, (4 a 5 veces la del método convencional) y deja las paredes de la excavación sin las fisuras y fracturas que se provocan por los métodos de D & B (Drill & Blast) con perforación y explosión. Además de las máquinas TBM se prevé trabajar una parte del túnel con perforación convencional sea con (D & B) o también con una máquina fresadora, que se puede usar en particular en la toba. Además se estima que para asegurar la estabilidad del túnel durante la perforación bastará con el uso de shotcrete y de pernos de sostenimiento.

En el primer tramo, el material a extraer, constituido por aglomerados y derrames laváticos del grupo Tacaza, tendrán un volumen total de aproximadamente 119 698 m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que el material proveniente de la excavación con TBM será evacuado por la boca de entrada y depositado en los botaderos a ubicarse en la zona de Pusa Pusa, mientras que el material proveniente de la excavación convencional será evacuado por la quebrada de Andamayo y depositado en la misma quebrada.

En el segundo tramo llamado Trasandino, el material a excavar, conformado por rocas del grupo Tacaza y facies Tobáceas del Volcánico Sencca, tendrán un volumen aproximado de 274 563 m<sup>3</sup>; la excavación se realizará de manera similar que en el primer tramo, es decir con TBM en la quebrada Andamayo y la extracción convencional en la quebrada del río Huaruma.

**Cuadro RE 3-3: Características Técnicas del Túnel de Trasvase**

<b>Ítem</b>	<b>Características Técnicas</b>	<b>Descripción</b>
1	Longitud Túnel Pucará Túnel Trasandino Total	7 117 m 9 390 m 16 507 m
2	Cota Toma	4 163 m
3	Cota Salida	4 168 m
4	Capacidad Mínima de Descarga:30 m <sup>3</sup> /s	30 m <sup>3</sup> /s
5	Diámetro hidráulico	4,5 m

### **3.4 Recursos Humanos Necesarios**

Durante la etapa de construcción se ha estimado un requerimiento de personal total ascendente a 700 trabajadores en el momento pico, directamente involucrados en las obras, que comprenden operarios, obreros, ingenieros, etc. Durante la etapa de operación y mantenimiento de los sistemas se ha estimado un requerimiento de personal del orden de 21 trabajadores.

### **3.5 Cronograma de Ejecución de las Obras**

El periodo total que comprenderá la construcción de las obras de la Represa Angostura y túnel de derivación, así como obras complementarias, demandará un periodo total de 33 meses.

### **3.6 Presupuesto de Ejecución de las Obras**

El nivel de Inversión proyectado para la segunda etapa del proyecto se estima en US\$ 257 610 952 dólares americanos. Por otro lado, los costos anuales de operación y mantenimiento ascenderían a US\$ 944 242 dólares americanos.

### **3.7 Capacidad Útil de Embalse**

De manera general, la capacidad óptima útil del embalse de Angostura ha sido determinada en 1 140 Hm<sup>3</sup>, correspondiente al nivel de altitud máximo operativo (NAMO) de 4 214 m y un nivel mínimo de operación de 4 174 m. El volumen muerto correspondiente es de 150 Hm<sup>3</sup>.

## **4. LINEA BASE AMBIENTAL**

La línea base ambiental constituye un diagnóstico del estado situacional de la zona de estudio, previo a la construcción y ejecución de las obras y actividades contempladas en el proyecto. El objetivo de desarrollar este diagnóstico, es determinar el nivel de calidad ambiental de la zona a intervenir, identificando los componentes ambientales, sus características, estado, y grado de susceptibilidad de manera que, en una etapa posterior, por medio de la interrelación de estos datos con la descripción y características del proyecto, se logre identificar los potenciales impactos ambientales asociados al proyecto en estudio.

De este modo, el desarrollo de la línea base ambiental comprende el estudio y análisis de cada uno de los componentes que integran el llamado medio ambiente del área de estudio. Es decir, el medio físico, biológico, y socioeconómico. Cabe indicar que el estudio de estos componentes requiere necesariamente su subdivisión en varios factores, los cuales constituirán la base analítica del presente estudio.

### **4.1 Área de Influencia Ambiental**

El área de influencia ambiental ha sido definida como el área hasta el cual los impactos ambientales potenciales derivados de una intervención o proyecto son percibidos, ya sea de manera directa como indirecta. Sobre ésta base, el presente estudio tiene como objetivo principal determinar los efectos ambientales potenciales de la construcción y puesta en operación de la represa Angostura, principalmente, su efecto en las zonas comprendidas aguas abajo de la presa, en el eje del río Apurímac, dado que se prevé una menor oferta hídrica a causa del trasvase de las aguas hacia la cuenca del Colca.

Cabe señalar también, que como antecedente al presente estudio, se han efectuado estudios ambientales relacionados con el proyecto Majes, el cual comprendió el análisis y evaluación de las zonas a las cuales se derivarán las aguas, es decir la cuenca del río Colca y las pampas de Majes y Siguas; sin embargo, en dichos estudios se omitió el análisis de los efectos

ambientales potenciales de la cuenca de la cual se tomarán las aguas para su trasvase, vale señalar, la cuenca del río Apurímac; de manera que el presente estudio, se centra en el estudio de la presa de angostura y su efecto aguas abajo en el eje del río Apurímac.

La delimitación del área de influencia ha considerando criterios técnicos y criterios ambientales. Los criterios de carácter técnico están referidos a las consideraciones relacionadas con las características técnicas del proyecto, vale decir, la construcción de la presa de Angostura y embalse respectivo. Por su parte los criterios de carácter físico-ambiental, están referidos a las consideraciones a tomar en cuenta, en base a los componentes ambientales que de uno u otro modo se verán potencialmente afectados por la construcción y puesta en operación de la presa de Angostura.

## **4.2 Componente Físico**

### **4.2.1 Clima y Meteorología**

El estudio del clima y meteorología se ha realizado utilizando información de la estación Angostura (2001-2009), estación meteorológica administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y también se tomó datos de la estación Condoroma (1974-1998), Estudio y Proyecto Definitivo de la Presa de Angostura y Derivación Angostura – Colca - Tomo II B Hidrología y Sedimentación. HARZA – MISTI. 1999.

Los resultados del análisis de la información indican que las temperaturas medias mensuales fluctúan entre 4,01 °C en el mes de julio y 8,09 °C en el mes de noviembre y Diciembre en la Estación Angostura, mientras que la humedad relativa promedio mensual (1969-2009) varía de 42,9% a 67,5%. Por su parte la velocidad del viento (1976-1992) registra valores medios anuales de 1,4 a 1,5 m/s, mientras que la dirección predominante es NW y NE.

Para el análisis de la precipitación se ha utilizado información pluviométrica de las estaciones: Angostura (1962-2009) y Condoroma (1974-1998), las que se procesaron al nivel de promedios mensuales de acuerdo al período de información existente. Los menores valores de precipitaciones le corresponden a los meses de junio con 3,6 mm de lluvia, julio con 3,2 mm y agosto con 8,7 mm, mientras que los mayores valores le corresponden a los meses de enero con 182,5 mm, febrero con 173,3 mm y marzo con 147,2 mm.

#### **4.2.2 Calidad de Aire y Ruido**

La evaluación de la calidad de aire tomó en cuenta, los parámetros de PM-10, CO, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> establecidos por el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire y el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para SO<sub>2</sub>. Para ello se establecieron 7 estaciones de muestreo, para su ubicación se tomo referencia la dirección predominante del viento y disposición de cada componente del proyecto. De los análisis realizados, en el mes de diciembre del 2009, se ha determinado, que los parámetros de calidad de aire (partículas PM10, y Gases SO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>), se encuentran en niveles inferiores a los valores máximos establecidos por la norma vigente, por lo tanto, la zona presenta una adecuada calidad del aire.

La evaluación del nivel de presión sonora (ruido), en diciembre del 2009, fue realizada a través de siete estaciones de muestreo. Para la ubicación de los puntos de medición de presión sonora, se consideró la disposición de los componentes del proyecto. De acuerdo a lo establecido por el estándar de calidad de ruido, se realizaron mediciones en horario diurno y nocturno. De las mediciones realizadas, los niveles de presión sonora son adecuados y están por debajo de los valores máximos establecidos en el estándar de calidad de ruido D.S N° 085-2003 PCM.

#### **4.2.3 Calidad del Agua**

La evaluación de la calidad de agua se realizó con la ubicación de 11 estaciones de muestreo ubicadas en los diversos cuerpos de agua superficial dentro del área del proyecto. La ubicación de las estaciones o puntos de monitoreo tomados por CESEL S.A en diciembre del 2009, se muestra en el Cuadro RE 4.2-1.

**Cuadro RE 4.2-1: Estaciones de Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial  
(Diciembre del 2009)**

Estación	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud
		Norte	Este	
CA-01*	Aguas arriba de la Presa Angostura, sobre el Río Apurímac	8 320 842	216 602	4200
CA-02*	Aguas abajo de la Presa Angostura sobre el Río Apurímac	8 321 817	217 140	4150
CA-03*	Aguas arriba de la Presa Angostura, sobre el Río Hornillos	8 319 880	217 053	4150
CA-04	Aguas arriba, antes del ingreso a la Bocatoma del Proyecto Cañón Apurímac	8 347 651	222 943	3982
CA-05	Sobre el Río Apurímac, antes de la confluencia con el Río Salado	8 371 346	235 349	3880
CA-06	Aguas abajo de la Confluencia del Río Apurímac y el Río Salado	8 373 778	236 281	3850
CA-07	Sobre el Río Salado, antes de la confluencia con el Río Apurímac	8 371 383	237 239	3850
CA-08	Aguas arriba del Río Salado	8 365 736	244 258	3900

Estación	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud
		Norte	Este	
CA- 09*	Río Chalhuanca, a la altura de la salida del túnel de Derivación Angostura – Colca	8 319 201	232 578	4300
CA-10	Aguas Arriba del Río Colca, antes del cruce con el Río Chalhuanca	8 311 544	238 573	4000
CA-11	Sobre el Río Colca, aguas abajo de la confluencia con el Río Chalhuanca	8 307 090	235 302	3950

Los resultados de la medición de parámetros in situ en los cuerpos de agua del área de influencia del proyecto, indican que para las estaciones CA-07 y CA-08 correspondientes al río Salado, la conductividad eléctrica presenta valores de 3999  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo cual supera lo establecido en los ECA-S Categoría 3 para riego de vegetales con valor límite de  $<2\ 000\ \mu\text{S}/\text{cm}$ , sin embargo, se encuentra dentro de lo establecido para esta misma categoría referida a la bebida de animales, que tiene como valor límite  $\leq 5000\ \mu\text{S}/\text{cm}$ .

La temperatura ambiental de agua varía entre  $14,78^{\circ}\text{C}$  y  $15,5^{\circ}\text{C}$  y el pH indica que es ligeramente básico con valores entre 8,4 y 8,4. Por otro lado, los niveles de oxígeno disuelto se encuentran sobre los valores mínimos establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental-categoría 3, para bebida de animales y riego de vegetales, indicando buena aireación del agua.

Sólo la Estación CA-04, reporta un valor de nitritos de 0,304 mg/l que supera el valor límite establecido en el ECA, categoría 3, riego de vegetales que tiene como valor máximo 0,06 mg/l, sin embargo, se encuentra debajo del valor máximo establecido para bebida de animales con valor de 1 mg/l.

Finalmente los contenidos de nitratos, fenoles,  $\text{DBO}_5$ , aceites y grasa, así como metales totales presentan valores por debajo de límites máximos establecidos en el ECA- Categoría 3, tal como muestran los reportes adjuntos al informe.

#### **4.2.4 Suelos**

##### **Fisiografía**

Fisiográficamente el área de estudio presenta rasgos morfológicos que son el resultado de una larga evolución originada por factores tectónicos y erosionales que han modelado el paisaje hasta su estado actual. Se han identificado tres grandes paisajes; planicie, colina y montaña; subdivididos a su vez en diez paisajes planicie aluvial, glacial, planicie de tobas areniscosas, montaña volcánica, montaña sedimentaria, montaña intrusivo, colina volcánica (andesitas y dacita) colina volcánica de tobas cristolovíticas, colinas sedimentaria y colinas intrusivas.

Para la clasificación de los suelos en el área del estudio, se han seguido las normas y lineamientos establecidos en el Soil Survey Manual (revisión 1993) y el Soil Taxonomy (2006), del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica y de acuerdo al Reglamento para la Ejecución de Levantamiento de Suelos del Perú por Decreto Supremo N° 033–85 AG. En el área de estudio se han identificado doce subgrupos: Typic Cryofluvents (Anamarca, Angostura, Fluvial I, Fluvial II y Huayllupata), Aquic Cryofluvents (Palcapampa),

Typic Cryorthents (Tulpa, Suyto y Tisco), Lithic Cryorthents (Chilamayo, Achacollo y Altaruma), Fluventic Haplocryepts (Tarucuyo), Ustic Haplocryepts (Antuyo), Typic Cryaquolls (Pusa), Ustic Haplocryolls (Achuyo, Curane, Yauri y Antacollo), Cumulic Haplocryolls (Ichocollo y Ccallcca), Hydric Cryofibril (Llacmapampa), Lithic Haplocryands (Quilcahuayco, Huaruna, Acharrape, Anchaca, Cullpa y Palliapata) Typic Haplocryands (Pucara, Tocraya y Humaccala).

### **Capacidad de Uso Mayor de las Tierras**

La capacidad de uso mayor de la tierra, puede definirse como la aptitud natural del suelo para la producción de cultivos, en forma constante bajo tratamientos continuos y usos específicos. Para la determinación de capacidad se ha seguido las normas del Reglamento de Clasificación de Tierras por Decreto Supremo N° 0017-2009-AG, de setiembre 2009. Dentro del área de influencia del proyecto se han identificado los siguientes grupos: tierras aptas para cultivos en limpio, tierras aptas para pastos y tierras de protección. Las áreas para cultivos en limpio tienen una calidad agrológica de media a baja con limitación, principalmente, por el factor edáfico y climático. El factor edáfico relacionado con la fertilidad del suelo y las limitaciones físicas como fragmentos groseros dentro y sobre el perfil del suelo, el factor climático relacionado con las bajas temperaturas y posibles heladas y falta de agua en las épocas de estiaje. Las áreas con potencial para pastos tienen una calidad agrológica de media a baja con limitación, principalmente por los factores topográfico, edáfico y climático. Las tierras de protección, son áreas destinadas a su conservación y rehabilitación, por lo que una intervención agrícola o ganadera, va a acelerar el proceso de degradación físico-química, las cuales se manifiestan con la presencia de surcos o cárcavas en las laderas las cuales posteriormente terminan en desprendimientos.

### **Uso Actual de la Tierra**

La clasificación del uso actual de la tierra ha sido realizada teniendo como base la clasificación propuesta por la UGI, el cual comprende la diferenciación de las diversas formas de utilización de la tierra. La clasificación y caracterización de la cobertura vegetal se ha basado en una combinación de conceptos fisonómicos, florísticos y de condición de humedad del terreno. Se ha identificado dentro del área de estudio los siguientes usos: terrenos urbanos y/o instalaciones gubernamentales y privadas (centro poblado, actividades mineras); tierras con vegetación cultivada (cultivos agrícolas, cultivos agrícolas-pastos naturales); tierra con praderas naturales (pastos introducidos, pajonal, herbazal de tundra, césped de puna-pajonal, césped de puna-afloramiento rocoso, césped de puna-vegetación escasa, herbazal de tundra-pajonal de puna, herbazal de tundra-afloramiento rocoso, pajonal de puna-arbustos, pajonal de puna-afloramiento rocoso, pajonal de puna-sin vegetación); tierras de pantanos y ciénagas (terrenos con vegetación hidromórfica, vegetación hidromórfica-pajonal de puna), terrenos sin uso y/o Improductivos (vegetación escasa, sin vegetación, playa, isla, ríos, lagunas)

## **Conflicto de Uso**

El conflicto de uso es el resultado de comparar el uso actual con el uso mayor de la tierra, esta labor se realizó, superponiendo el mapa de capacidad de uso mayor de la tierra sobre el mapa de uso actual de la tierra. Del análisis de unidades de conflicto permite evidenciar que el área del proyecto posee 142 930,06 hectáreas en uso adecuado que corresponden al 52,06 % del total. La extensión del territorio en uso inadecuado corresponde a 71 006,8 hectáreas equivalentes al 25,86% del territorio, y la extensión del uso muy inadecuado es de 128,01 ha que representan el 0,05% del área total del proyecto.

También se presentan asociaciones de conflicto, como el uso inadecuado-adecuado que ocupan una superficie 0,58% (1 584,91 ha), asociación adecuado-inadecuado con un 9,17% (25 177,62 ha), asociación adecuado-subutilizado con 8,02% (22 009,66 ha), asociación adecuado–muy inadecuado con 0,90% (2 483,23 ha), asociación muy inadecuado–adecuado con 0,04% (114,98 ha), asociación subutilizado–adecuado con 0,53% (1 449,65 ha).

### **4.2.5 Hidrología**

El objetivo del estudio hidrológico fue evaluar la capacidad de regulación de la cuenca alta del río Apurímac, cuyas aguas se propone transvasar, para afianzar la disponibilidad de agua en el sistema del río Colca hasta la toma de Tuti, con la finalidad de satisfacer los volúmenes de agua que requerirá la demanda de la irrigación Majes II (Sigwas). El conocimiento de las condiciones hidrológicas en un escenario sin y con proyecto, permite determinar y evaluar los potenciales impactos ambientales relacionados con el manejo de los recursos hídricos en las diferentes fases del proyecto.

### **Cuencas Hidrográficas**

Las cuencas hidrográficas comprometidas dentro del proyecto son las cuencas del río Apurímac y del río Colca.

El río Apurímac nace a 5000 msnm en la Región Arequipa, en el lugar que el río Acushanta se convierte en el río Calchumayo, ingresando a la laguna Huarhuaco del mismo modo que los ríos Challpo, Huancari, Talla y otras quebradas menores. Después de recorrer 2,5 kilómetros el río Calchumayo se une con el río Santiago tomando el nombre de Apurímac. Después de la confluencia, el río se dirige hacia el Oeste y después al Noreste, hasta llegar al sitio propuesto para la construcción de la presa Angostura, donde se junta con el río Hornillos. El río Hornillos nace a una altitud de 5100 msnm, en el nevado Mismi, recorriendo una distancia de aproximadamente 26 kilómetros en dirección Norte, desviándose después hacia el Este; para recorrer seguidamente 12 kilómetros antes de unirse con el río Apurímac.

En la confluencia de ambos ríos el área drenada es de 1290 km<sup>2</sup>, y aproximadamente a 600 metros aguas abajo de ese punto se ubica el lugar donde se proyecta construir la represa Angostura, en una zona encañonada de aproximadamente 200 metros de altura y a 4150 msnm.

Por su parte la cuenca del río Colca pertenece a la cuenca hidrográfica del Pacífico y ocupa un área de 17,220 km<sup>2</sup>, con 364 km de longitud del curso principal con una pendiente media de 1,3%. El río Colca nace sobre los 4800 msnm aproximadamente a 100 km al Este del Lago Titicaca, en un altiplano cubierto por bofedales y lagunas. La parte superior de la cuenca está formada en su mayoría por lomas bajas y amplios valles con numerosos bofedales y lagunas. En los primeros 150 km de su curso su dirección principal es hacia el Noroeste y la pendiente alcanza solamente 0,5% en promedio. Esta parte de la cuenca llega hasta el pueblo de Tuti, donde se encuentra la bocatoma del mismo nombre para el Proyecto Majes. La cuenca abarca hasta allí aproximadamente 4100 Km<sup>2</sup> con una descarga media de 38 m<sup>3</sup>/s, lo que determina un rendimiento de 9,4 L/s/ km<sup>2</sup> en promedio.

Las investigaciones hidrológicas realizadas sobre las cuencas de los ríos Apurímac y Colca, se resumen en la determinación de los caudales medios mensuales en el eje de la proyectada represa La Angostura en el río Apurímac, en la cuenca del río Colca en el punto de entrada al embalse Condoroma y en el punto de la bocatoma Tuti. De estas investigaciones se determina que, el caudal promedio anual en la cuenca de la estación Angostura es de 11,16 m<sup>3</sup>/s, en la estación Condoroma el caudal medio anual es de 11,34 m<sup>3</sup>/s y en estación Bocatoma Tutti el caudal medio anual es de 19,27 m<sup>3</sup>/s; lo que nos conlleva a decir que la cuenca alta del río Apurímac tiene menos escorrentía que la cuenca del río Colca y que la cuenca intermedia hasta la estación Tutti tiene un aporte importante.

De los datos recolectados en los trabajos de campo en diciembre del 2009, se observó que el caudal en el río Apurímac se incrementó solamente en 1 m<sup>3</sup>/s entre Angostura y aguas arriba de la confluencia con el río Salado. Los caudales aforados fueron de 4 m<sup>3</sup>/s y 5 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Dado que los caudales aforados en todos los tributarios que presentaron caudal en el tramo dieron un total aproximado de 2,0 m<sup>3</sup>/s y considerando una recarga sub-superficial sobre el cauce del río Apurímac de entre 0,5 y 1,0 m<sup>3</sup>/s, se tiene que el potencial aprovechamiento hídrico sobre el río Apurímac está en el rango de entre 1,5 a 2,0 m<sup>3</sup>/s, para el tramo en estudio en la fecha de la visita de campo (diciembre del 2009).

### **Caudales**

Los caudales medios en la cuenca alta del río Apurímac en el periodo 1962 hasta 2006 considerando la información histórica de los caudales medios mensuales con respecto a las estaciones La Angostura (1962- 2006), Puente Colgante (1965-19992) y Puente Carretera (1951-1964) se estiman en: un caudal mínimo medio mensual, que ocurre en el mes de octubre con 3,28 m<sup>3</sup>/s y un caudal medio máximo en período de lluvias de 33,38 m<sup>3</sup>/s, en el mes de marzo. Como promedio máximo anual se tiene 11,06 m<sup>3</sup>/s y el promedio mínimo anual es de 2,73 m<sup>3</sup>/s.

### **Usos de Agua**

Los usos de agua que son satisfechos tomados directamente del curso principal del río Apurímac dentro del área de estudio, que han sido observados en las visitas de campo, son menores. Estos se refieren principalmente a pequeños sistemas de riego, consumo pecuario, y en menor proporción, consumo humano. Se ha estimado, luego de la visita de campo y de los aforos realizados, en diciembre del 2009, que el consumo sobre del río Apurímac, era del orden de 20 a 25 L/s/km en promedio, dentro de los aproximadamente 78 km entre el eje del dique



Angostura y la confluencia con el río Salado, es decir de aproximadamente 1,5 a 2,0 m<sup>3</sup>/s entre éstos dos puntos.

Definición de las demandas de agua

La demanda de agua de la etapa I del Proyecto Majes –Siguas, el cual irriga 22 000 ha, es de un volumen de 4112 MMC. La demanda futura de la etapa II del Proyecto Majes – Siguas, el cual tiene como fin irrigar 38 000 ha, tendrá un volumen de 542,2 MMC. Las dos etapas irrigarán un total de 60 000 ha (área total).

La demanda de riego se calculó mediante las cédulas de cultivo y rotaciones en un ciclo anual definido y proyectadas en la etapa I y etapa II del Proyecto Majes-Siguas.

En relación a las demandas directas actuales del río Apurímac, son:

- La demanda agrícola que corresponde a tres proyectos principales los cuales son: Irrigación Belén, Irrigación Cepillata e Irrigación Chalqui.
- La demanda minera, referida a operaciones y proyectos mineros, pero que no toman directamente agua del río Apurímac, sino más bien de las partes altas de las subcuencas de los ríos aportantes al río Apurímac (aguas debajo de Angostura).
- La demanda poblacional, para la que el consumo actual es mínimo y atendida de tomas de quebradas y tributarios menores, por lo que se considera demanda cero del río Apurímac.

En relación a la demanda futura en la cuenca del río Apurímac se tiene lo siguiente:

- La demanda agrícola aumentará debido a un proyecto del Plan Meriss “Proyecto Irrigación Cañón del Apurímac” el cual ampliará la frontera agrícola en 3000 ha que establece una demanda mensual.

**RE 4.2.2: Caudales en m<sup>3</sup>/s Proyecto cañón Apurímac (Plan Meriss)**

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0,11	0,11	0,12	1,30	2,10	1,91	1,95	2,17	2,53	2,31	2,56	0,51

- La demanda por consumo animal se considera en total 10,25 L/s, el cual será en forma constante.
- La demanda del caudal ecológico a lo largo del río Apurímac de 2,4 m<sup>3</sup>/s.

#### **4.2.6 Geología**

El proyecto de la represa Angostura, se encuentra en el sur del país, en la provincia Caylloma y Región Arequipa; ubicado geográficamente en las estribaciones superiores de la cordillera occidental y forma parte del proyecto embalse Angostura II Etapa MAJES.

La geomorfología del área del proyecto embalse Angostura II Etapa MAJES, está constituida por las unidades morfogénicas, como: altiplanicie, zonas volcánicas, valle fluvial, depresión de Caylloma y altas cumbres.

La cordillera occidental, es el rasgo geográfico más importante en el cual nace el río Apurímac, se caracteriza por presentar relieves generales muy irregulares; constituidos por cadenas de cerros de diferentes alturas, formas y pendientes; que se hallan interceptados por numerosas quebradas, depresiones, llanuras, lomadas, colinas y un conjunto de valles por donde los ríos drenan sus aguas hacia las vertientes del Pacífico y el Atlántico.

Las unidades estratigráficas expuestas en el área del proyecto tienen edades desde el Mesozoico hasta el Cenozoico, no se exponen las rocas intrusivas e hipabisales, las unidades representativas del más antiguo al reciente están constituidas por rocas del Jurásico representada por las formaciones Puente y Cachios; el Cretáceo conformado por las rocas de las formaciones Labra, Gramadal, Hualhuani y Arcurquina; el Terciario constituida por las formaciones Orcopampa, Ichicollo, Sillapaca, Sencca y Pusa y el Cuaternario conformado por los grupos Barroso, Andagua y depósitos fluvioglaciares, aluviales, coluviales y bofedales.

Las rocas sedimentarias están constituidas por, areniscas, calizas, arcillitas, limolitas, lutitas, areniscas cuarzosas, etc.; las rocas volcánicas están conformadas por andesitas, lavas andesíticas, lavas dacíticas, dacitas, riolitas, tobas, lavas basálticas, brechas andesíticas, conglomerados tobaceos, conglomerados, ríodacitas, brechas andesíticas, brechas ríodacíticas tobas lávicas, aglomerados, etc. Los depósitos cuaternarios están constituidos por gravas, cantos rodados y bolones con arenas, limos y arcillas en variado porcentaje. Estos depósitos se hallan cubriendo a las rocas en la mayor extensión, con diferentes áreas de propagación, naturaleza, espesor y estado de compactación.

Las unidades geológicas en el área del proyecto están deformadas por el Ciclo Andino conformada de cinco fases tectónicas: Peruana e Incaica, Quechua, Pliocénica, Caldera Caylloma y Cuaternaria, con incidencias en diferentes grados.

Las unidades geológicas, en el área del proyecto, se hallan en territorios producto del modelado de varios y sucesivos ciclos orogénicos y volcánicos, comprendiendo en ellos, varias etapas de sedimentación, de deformación, levantamientos, finalmente de erosión y peneplanización, en los cuales existen, numerosos elementos estructurales tales como algunos pliegues, fallas, manifestaciones volcánicas, diferentes grados de fracturamiento, diaclasamiento, etc.

El relieve del área donde se encuentra el proyecto, es el resultado de diversas deformaciones tectónicas y procesos de geodinámica externa e interna que han ocurrido en el pasado y determinado los relieves actuales. Los procesos de geodinámica externa reciente, se manifiestan localizadamente, en magnitudes menores y sus manifestaciones en su mayoría están condicionadas principalmente a los factores climáticos, morfológicos, litológicos, sísmicos y antrópicas.

El proyecto de la presa Angostura, se localiza en el “Cañón del río Angostura”, con el eje de presa ubicado aguas abajo de la confluencia de los ríos Angostura y Hornillos. En este lugar el cañón es rectilíneo y orientado de Sur a Norte, encajonado por ambos lados con paredes rocosas muy elevadas y taludes de verticales a subverticales, el ancho del cauce es mayor a 40 m, el curso tiene gradiente hidráulico de moderado a bajo, ligeramente sinuoso, con régimen hídrico permanente y con caudales variables según las épocas del año.

En sentido transversal la sección del cañón presenta la forma de una “U”, con perfil simétrico, el estribo derecho tiene talud vertical, superficie rugosa con presencia de bloques gigantes, alcanza una altura mayor a 130 m y corresponde al cerro Huaypune, el estribo izquierdo tiene talud subvertical, cubierto por tramos con depósito Coluvial, la base es roca medianamente compactas con acantilados en los lados, alcanza una altura mayor a 240m., y corresponde al cerro Chillatira.

Según los estudios geológicos la presa se halla proyectada en rocas de la formación Ichoccollo de origen volcánico cuya procedencia corresponde a diferentes fuentes, para el estribo izquierdo corresponde el centro volcánico Chillatira y acumulada como estrato volcán, para el estribo derecho corresponde a los centros volcánicos denominados Ichoccollo/Huaypune actualmente destruidos, las rocas son más dacíticos y brechosos.

El nivel superior consiste masivamente de lavas andesíticas color gris a beige (intemperismo), con espesor mayor a los 100 m, intercalado de brechas, aglomerados; cubierto con depósito Coluvial con espesores variables según la pendiente del terreno hasta más arriba del punto de coronación hasta 100 m.

El estribo derecho presenta una litología uniforme desde el nivel del cauce hasta la cima, integrado de lavas dacíticas, brechas y lavas andesíticas, color beige, no se observa el aglomerado; el depósito Coluvial es muy limitado, como cobertura muy delgada, conformado de bloques gigantes de andesitas.

El cauce está conformado por el depósito fluvial, con espesor de 14,5 m (verificado con perforaciones rotativas), constituido por cantos y gravas, con arenas y limos sin finos, limpia de impurezas orgánicas debido al lavado constante.

El estribo izquierdo está más afectado con estructuras de deformación, mientras el estribo derecho tiene menor grado de deformación estructural. En el estribo izquierdo existen diaclasas o fracturas subverticales con dirección de inclinaciones N 130° – 85°, que en superficie están abiertas. La formación Pusa tiene deformaciones relacionados a eventos de la tectónicos compresionales.

La presencia de estructuras en el lugar de la presa ha permitido la formación de bloques con tamaños gigantes e independientes, uno de ellos alcanza hasta el nivel de la corona, y se encuentra propenso al colapso hacia el cauce, que con el impacto de la enorme fuerza puede desequilibrar a las estructuras a construir.

El túnel de conducción tiene 16,507 km, compartidos en tres tramos y dos ventanas intermedias; este componente se halla en la altiplanicie andina, conformado por rocas volcánicas.

El trazo del túnel de conducción no está deformado por estructuras importantes, salvo en el río Palcamayo que se caracteriza por presencia de falla geológica local con posición vertical, que afecta al miembro superior de la formación Ichoccollo. En los tramos del túnel proyectado a medida que avance la excavación interceptará a un conjunto de estructuras menores y localizados, con orientaciones y posiciones variables, con aberturas cerradas y abiertas con

materiales propias, algunas estructuras probablemente serán abiertas que facilitarán el ingreso de las aguas.

Durante la excavación del túnel se prevé la presencia de aguas subterráneas, en forma de filtraciones que coincidirán con las trazas de las fallas, fracturas, diaclasas y contactos, las mismas serán localizadas, con intensidades variables pero persistentes; en el primer tramo, donde la roca presenta discontinuidades persistentes con posiciones diagonales, las que merecen tener cuidado durante la excavación.

#### **4.2.7 Hidrogeología**

Como parte del programa de investigaciones de campo para la elaboración de la línea base ambiental del EIA de la Represa Angostura, Cesel S.A. realizó una evaluación hidrogeológica dentro del área de influencia del Proyecto Angostura, abarcando la confluencia de los ríos Apurímac y Hornillos, comprendiendo las áreas del embalse de las pampas de La Calera en el río Apurímac y las de Pusa en el río Hornillos.

El periodo de la evaluación corresponde a la época de estiaje, donde las precipitaciones son mínimas, disminuyendo significativamente las descargas.

La evaluación de los potenciales acuíferos en el área de influencia tiene la finalidad de conocer el comportamiento de las aguas subterráneas mediante la zonificación hidrogeológica, relacionándola con los aspectos geológicos, geomorfológicos así como el inventario de las principales fuentes de agua subterránea y la determinación de las zonas de recarga y descarga.

Durante el presente estudio se han reconocido dos tipos de manantiales: termales y de agua natural, Las agua termales son de origen magmático, es decir cuya formación obedece a las reacciones químicas que ocurren en profundidad, que originan vapores y que se van condensando para formar agua caliente que sale a través de la falla limitada por la caldera volcánica registradas en las Quebradas Conic Mayo y Chila Mayo. Las aguas naturales están evidenciadas por la presencia de manantiales aislados, por ruptura de pendientes asociadas a estructuras geológicas.

La caracterización hidrogeológica ha permitido diferenciar dos tipos de acuíferos. Un acuífero constituido por los depósitos sedimentarios no consolidados y el segundo acuífero que corresponde a los acuíferos fisurados relacionado a las formaciones rocosas.

Los posibles impactos significativos en el represamiento de agua en la presa tendría como resultado apariciones de nuevas zonas de descargas manifestándose por manantiales originados de las presiones laterales ejercidas por el agua represada, donde la vía de circulación subterránea estaría constituida por las fracturas de las rocas, donde el movimiento del agua subterránea en este medio sería muy lento y de bajo caudal. Por consiguiente, aumentaría el nivel freático aguas abajo del dique; las zonas de recarga como bofedales se verían afectados por el aumento del nivel del agua si se diera la interconexión de las aguas subterráneas no aflorantes en superficie.

En el área del embalse en Angostura podremos concluir que debido a la baja permeabilidad del fondo de origen lacustrino y sedimentos litificados se tendría condiciones de alta retención de agua embalsada cuando se construya el dique.

### **4.3 Componente Biológico**

#### **4.3.1 Ecología y Zonas de Vida**

Con la información meteorológica disponible en el área de estudio y teniendo como base el sistema de clasificación de zona de vida, propuesta por L.R. Holdridge, se identificaron y delimitaron las zonas de vida que se distribuyen en el ámbito del área de estudio así como el porcentaje ocupado: Nival Subtropical (3,94 %), Tundra muy húmeda Alpino Subtropical (36,82 %), Paramo muy húmeda – Sub alpino subtropical (51,91 %), Tundra Pluvial – Alpino Subtropical (3,33 %), Estepa Montano Subtropical (e-MS). El estudio ha permitido determinar la existencia de 4 zonas de vida para la zona de influencia del proyecto en Arequipa y 3 zonas de vida para la zona de Cusco.

#### **4.3.2 Flora**

Se ha identificado 10 formaciones vegetales en el área de influencia del proyecto: césped de puna- vegetación ribereña, herbazal de tundra, pajonal de puna, bofedal, estepa con césped de puna, campos agrícolas, quinales, colle, zona sin vegetación y roquedal y vegetación saxicola.

La clasificación de la flora se ha hecho teniendo en consideración las especies preponderantes en relación a su entorno geográfico, en el cual se han identificado las principales familias que dominan el área de estudio:

La familia Poaceae (Festuca, Calamagrostis, Stipa) se encuentra en el grupo de las mayores representantes del área de estudio. Integrando a los pastizales forrajeros, pastizales naturales, pastizales cultivados.

La familia Asteraceae conformada por la especie vegetal de mayor presencia la “tola” (*Parastrephia lepidophylla*) o la “thola” (*Parastrephia quadrangularis*) identificado en las zonas desnudas, laderas y roquedales.

En zonas de las montañas, predomina una vegetación saxicola como los líquenes (*Pycnophillum sp*) y matorrales como pajonales.

#### **4.3.3 Fauna**

La fauna se presenta de acuerdo a las diferentes formaciones vegetales del área de estudio. Las ordenes de avifauna más características consisten en la presencia de tinamiformes, passeriformes, falconiformes, entre otros, además de otras especies características de la región. Está conformada por la fauna silvestre y doméstica como los ganados vacunos, ovinos, equidae y canidae.

En el área donde se ejecutarán las obras, se puede encontrar una fauna diferenciada y distribuidas en base a las de formaciones vegetales: pajonales, roquedales, bofedales, orillas acuáticas y pastizales. La primera, caracterizada por especies como las kiulas o perdices; las vizcachas (*Lagidium peruvianum*) y algunos roedores pequeños ubicados en los roquedales; los bofedales y orillas acuáticas representados con las especies de aves como las parihuanas y los camélidos desplazándose en las pastizales.

Los mamíferos mayores están representados por el zorro andino y la taruca, que han sido registrados indirectamente en base a entrevistas a los pobladores en las partes altas del área del Proyecto.

Los anfibios integrados por los sapos comunes *Bufo Spinulosus* están registrados en los cuerpos receptores de la zona de estudio.

#### **4.3.4 Evaluación Hidrobiológica**

Este componente está integrado por los organismos como el zooplancton, fitoplancton y macroinvertebrados. Asimismo, se ha realizado el registro de peces representativos como truchas y bagres registrado frecuentemente en la cuenca del Apurímac; challhuas ubicados en las orillas de los bofedales y ríos. .

Un tercer sector, está compuesta por los organismos flotantes como el zooplancton, caracoles acuáticos y peces. Varios organismos como insectos tienen sus estados iniciales de desarrollo en las aguas de las lagunas y charcas que se forman en épocas de lluvia como trichópteros, quiromónidos, plecópteros, y odonatos (libélulas). Los peces presentes en los ríos corresponden a las especies *Orestias sp.* "Challhua" y *Oncorhynchus mykss* "trucha", que fue introducida con fines de crianza y posterior consumo. Existen otros peces pequeños, que forman parte de la cadena alimenticia que sostiene las comunidades de aves de orillas y de bofedales.

#### **4.3.5 Agrostología**

Corresponde al estudio del recurso forrajero, que constituye el sustento de la actividad ganadera, considerada como la actividad de mayor importancia en el área de estudio. El tipo de pastoreo que se practica en el área de estudio principalmente es el pastoreo continuo, pero también se han observado en pequeñas áreas el sistema de pastoreo rotativo en los distritos de Coporaque y Espinar en Cusco. De acuerdo al censo realizado, la vegetación predominante es el de pajonal, seguido del césped de puna y bofedales. Actualmente, la condición de los pastos en el área de estudio fluctúa de muy pobre a excelente, siendo los que predominan la condición de regular con un 25%, seguido por una condición pobre con 22,78% y 15,9% en condición de muy pobre. La tendencia de la vegetación en las asociaciones que presentan condiciones de pobre a muy pobre, es descendente. El vigor de las especies fluctúa entre depredación y buen vigor, predominando en la mayoría de las asociaciones un vigor regular.

Las asociaciones agrostológicas han sido clasificadas en base a la dominancia o codominancia de algunas especies; en el área de estudio se han identificados quince asociaciones, que son

los siguientes: Calamagrostietum, Stipetum, Festucetum, Calamagrostis – Festucetum, Distichietum, Stipetum–Calamagrostietum, Festucetum–Calamagrostietum, Parastrephetum, Stipetum–Parastrephetum, Margiricarpetum–Stipetum, Plantago–Pycnophylletum, Calamagrostis–Plantago. Dentro de las asociaciones cultivadas se tiene el Rye grass–Calamagrostietum, Rye grass–trébol, Festucetum–Rye grass.

Como resultado del estudio se han identificado áreas potenciales para la siembra de pastos exóticos (rye grass inlges, dactylis, trébol, avena forrajera, y alfalfa) así como para pastos naturales, siendo para pastos exóticos una extensión de 22 040 ha y para pastos naturales 79 664 ha, la diferencia de hectáreas que es 165 846,0 ha no son aptas para ninguna actividad agropecuaria.

La crianza de animales más optima en el área de estudio, es de ovinos, alpacas y llamas en las partes altas por encima de los 4200 msnm en los distritos de Caylloma, Sibayo y Tisco, por adaptarse mejor a las condiciones climáticas la zona. Con respecto a los distritos de Coporaque y Espinar, la crianza de animales debe dar énfasis a la crianza de vacunos con la incorporación de pastos mejorados, debido a que estas zonas presentar condiciones climáticas más adecuadas y en productores que tengan menos de dos hectáreas lo recomendable sería que practiquen una crianza de animales menores, como por ejemplo, la crianza de cuyes con pastos hidropónicos e implantación de cadenas productivas.

#### **4.4 Componente Socioeconómico**

El ámbito social directo del Estudio de Impacto Ambiental de la represa de Angostura, políticamente está ubicado en el Anexo de Pusa Pusa, jurisdicción del distrito de Caylloma, provincia de Caylloma región Arequipa, pero sus impactos han de sentirse en la provincia cusqueña de Espinar, particularmente en sus distritos de Suyckutambo, Coporaque y Espinar.

El diagnóstico, considera como área social de influencia del Estudio de Impacto Ambiental de la represa Angostura, al espacio geográfico, socioeconómico y cultural en donde las operaciones de construcción y funcionamiento, pueden generar impactos directos e indirectos que por su naturaleza pueden ser positivos o negativos. Un impacto socio económico viene a ser todo cambio que se genera sobre determinados aspectos en la vida de una población ocasionados por una o más causas determinadas.

Esto impactos, se dividen en directos e indirectos. Los impactos socioeconómicos directos, constituyen los cambios producido como consecuencia inmediata de las actividades del proyecto, se expresan en lo fundamental con cambios operados en el uso de la tierra y otros recursos. En el aspecto socio económico, los impactos directos se expresan y sienten con cambios generados en el nivel de empleo e ingresos.

De otra parte, los impactos socio económicos indirectos, son aquellos que se originan en la reacción de los centros poblados ante, los efectos directos de la construcción de la represa de Angostura. Dentro de estos impactos se consideran los cambios operados en los indicadores de salud y educación, en las formas de organización social, en las relaciones sociales, en los roles de género. Se considera también dentro de los impactos socioeconómicos indirectos los cambios que se perciben a nivel político y que suelen manifestarse en la percepción de las

principales organizaciones políticas y sociales del área y su correspondiente reacción con respecto al proyecto.

El ámbito del área social de influencia directa e indirecta del Estudio de Impacto Ambiental de la represa Angostura ha sido definido de la manera siguiente:

#### **4.4.1 Área de influencia Social del Proyecto**

El área social de influencia directa, está conformada por los Anexos Pusa Pusa y Tarucamarca pertenecientes a la provincia de Caylloma, región Arequipa y 13 comunidades campesinas pertenecientes a la provincia de Espinar en la región Cusco, las mismas que son: Sepillata, Anansaya Collana Chisicata y Suero y Cama en el distrito de Espinar, Hanccamayo, Apachacco Puente Central, Apachillanca, Mamanihuayta, Hancocahua Manturca, Cotahuasi, Hatun Ayra Collana en el distrito de Coporaque y las comunidades campesinas de Echocollo, Cerritambo y Chaupimayo en el distrito de Suyckutambo.

Los criterios para definir el área social de influencia directa han sido: el espejo de agua de la represa, los componentes del proyecto, la variación en la oferta hídrica del río Apurímac, aguas abajo del futuro dique Angostura, la ubicación geopolítica y los grupos de interés.

#### **Área de influencia Social Directa del Proyecto**

En cuanto a aspectos demográficos, el total de habitantes del área de influencia directa bajo estudio asciende a 10 762 personas. Se trata de una población demográficamente joven, donde el 39,03% es menor de 15 años y el 53,83% de la población tiene entre 15 y 64 años. La población mayor de 65 años representa apenas el 7,14%.

El mayor número de pobladores lo presenta la comunidad Hatun Ayra Collana en el distrito de Coporaque, provincia de Espinar, región Cusco con 1 002 habitantes. Según la información obtenida en campo, el 41,50% de la población es menor de 15 años y solo el 7,0% es mayor de 65 años. Por su parte, la comunidad con menor población es la comunidad campesina de Apachillanca, ubicada en el distrito de Coporaque, provincia de Espinar, región Cusco con 252 habitantes de los cuales el 41,30% es menor de 15 años y el 6,80% mayor de 65 años.

Las comunidades campesinas que presentan el mayor porcentaje de población menor de 15 años son Apachacco Puente Central con 47,30%, Cotahuasi y Hatun Ayra Collana ambas con 41,50% y Apachillanca con 41,0% todas ubicadas en el distrito de Coporaque. De igual modo, las comunidades campesinas que presentan el mayor porcentaje de población mayor de 65 años son Manturca (distrito de Coporaque) con 18,0%, seguida por Anansaya Collana Chisicata (distrito de Espinar) con 15,0% y Sepillata (distrito de Espinar) con 10,0%.

El número de viviendas estimado para los anexos y comunidades campesinas comprendidas en el área de influencia directa del proyecto asciende a 3 210 siendo 3,35 el promedio de habitantes por vivienda.

En términos generales las comunidades campesinas bajo estudio, tienen carencia de servicios básicos de agua potable por red pública, desagüe y alumbrado eléctrico. Sólo 3 de las 13



comunidades cuentan con el servicio de alumbrado eléctrico restringido: Suero y Cama con 55,0% del total de viviendas debido a su cercanía con el centro poblado de Yauri, Apachaco Puente Central con el 55,0% del total de viviendas y Anansaya Collana Chisicata con el 5,00% del total de viviendas.

En cuanto a abastecimiento de agua, la comunidad de Sepillata dispone de agua entubada sin tratamiento ni potabilización; en la comunidad de Hanccamayo el panorama es igual, el abastecimiento de agua se hace juntando agua del río Apurímac en baldes y bidones. Por otro lado, en Apachaco Puente Central, no se cuenta con agua potable, el 80% de las viviendas consume agua entubada captada en los manantiales, en Apachillanca el agua para consumo humano se traslada en bidones sobre burros desde el río Apurímac hasta las viviendas.

En Anansaya Collana Chisicata, no existen manantiales para el agua de consumo humano, se obtiene del río Apurímac y se almacena en bidones. En la comunidad de Mamanihuayta existen pocos manantiales que abastecen a algunas estancias, el agua para consumo humano es entubada no potabilizada. Por su parte, en la comunidad de Manturca el agua para consumo humano se capta de manantiales y no recibe tratamiento de cloración. Estas fuentes reducen su caudal o desaparecen durante los meses de estiaje.

En cuanto a infraestructura de salud, ninguna de las comunidades campesinas que conforman el área de influencia directa cuenta con un puesto de salud, salvo el Anexo de Tarucamarca que cuenta con uno, careciendo de ello el Anexo de Pusa Pusa, cuyos pobladores tienen que atenderse en el puesto de salud del distrito de Caylloma.

La principal actividad económica practicada por la población de los Anexos y Comunidades Campesinas del área de influencia directa es la ganadería. Las praderas naturales están afectadas por un pastoreo continuo (sin descanso) y en ocasiones con la quema de los pastizales, degradándose los suelos, como consecuencia de la disminución de la densidad de las especies vegetales palatales debido al sobrepastoreo de las praderas.

La principal crianza es de ovinos, la raza predominante es Corredale, seguida por la criolla y cruzado. En el caso del ganado vacuno, la raza predominante es Brown Swiss. Las variedades de alpaca encontradas son Huancaya y Suri; en llamas Ccara y Chasqa.

### **Área de influencia Social Indirecta del Proyecto**

El área social de influencia indirecta, demográficamente, cuenta con una población de 136 416 habitantes, de ella 59 049 residen en el área rural y 77 367 en el área urbana. En lo que respecta a género existe una población total de 69 365 hombres y 67 051 mujeres.

A nivel de viviendas, existen en el área de influencia indirecta, 48 134 viviendas de las cuales 36 740 se encuentran ocupadas con personas presentes, y 2 744 en condición de desocupadas o cerradas.

En lo que respecta a servicios básicos, 14 980 viviendas del área de influencia indirecta cuentan con abastecimiento de agua por red pública, 10 741 cuentan con servicios higiénicos o desagüe, y 17 968 cuentan con alumbrado eléctrico.

En el nivel educativo el área de influencia indirecta cuenta con 46 527 alumnos, 2 643 docentes, 645 centros o programas y 2 641 secciones.

A nivel de infraestructura de salud el área de influencia indirecta cuenta con 4 hospitales 2 en Caylloma y 2 en Espinar; 2 pertenecientes al MINSA y los otros 2 a ESSALUD. Se han contabilizado aproximadamente 28 puestos de salud y dos Centros de Salud con una infraestructura deficiente y serias carencias de material médico.

La población en condiciones de pobreza en el área de influencia asciende a 67 545 pobladores y la población en condiciones de pobreza extrema es de 25 400 pobladores.

La principal actividad económica en el área social de influencia indirecta es la ganadería con una población total de 1 201,401 cabezas de las cuales 143 569 corresponden a vacunos, 450 833 a ovinos, 603 012 a camélidos y 3 987 a porcinos.

En el campo de la economía, la población económicamente activa (PEA) en el área de influencia social (directa e indirecta) asciende a 56 924 personas, de las cuales el 33 362 personas se encuentran en Caylloma y 23 562 personas se ubican en Espinar.

En cuanto a las percepciones de la población se han trabajado variables e indicadores de conflictividad social. Encontrándose puntos de vista contrapuestos. Por ejemplo en Caylloma los entrevistados manifestaron que el proyecto Majes Siguas es un proyecto de propósitos múltiples y de interés macroregional y nacional que ha de permitir generar oportunidades para conformar una plataforma de agro exportación competitiva a nivel mundial.

En cambio en la provincia de Espinar el panorama es totalmente contrapuesto, la percepción de la población es que la represa de Angostura va a modificar el caudal del río Apurímac y por lo tanto esto va a afectar el equilibrio ambiental en la producción y en las posibilidades de desarrollo de la provincia, con los consiguientes problemas sociales que acarrearía. Para los Espinarenses resulta inaceptable que se priorice el uso del agua para la agro industria en desmedro de su uso para consumo humano en su territorio. El estudio ha elaborado la matriz de actores sociales involucrados donde se precisan las alianzas y conflictos existentes en esta diferencia inter regional por el recurso hídrico de la cuenca del río Apurímac.

En el campo cultural, la población en el área de influencia indirecta es en lo fundamental católica con una población de aproximadamente 77 581 personas, pese a ello, se han identificado manifestaciones de sincretismo cultural entre la visión católica con la cosmovisión andina, que se mantiene como una forma de resistencia cultural a través de los años.

En este campo, sobresalen, los atractivos turísticos, las expresiones artísticas como las danzas y la artesanía y las manifestaciones gastronómicas, así como también las fiestas patronales, entre las cuales tenemos en la provincia de Caylloma en el distrito de Caylloma la celebración de la Virgen de la Natividad el 08 de septiembre y la Virgen del Rosario el 07 de octubre. En el distrito de Tisco son importantes las celebraciones de San Pedro y San Pablo el 29 de junio y la Virgen de la Presentación el 21 de noviembre.

En la provincia de Espinar, las celebraciones más importantes son las del distrito de Suyckutambo, cuyo aniversario distrital es el 23 de Agosto, en el distrito de Coporaque la Santa Cruz el 03 de mayo y en el distrito de Espinar, la fiesta de Reyes el 06 de enero, los tradicionales carnavales en el mes de febrero y la Santa Cruz el 03 de mayo.

#### **4.5 Componente Cultural**

Aquí nos referimos a la prospección arqueológica (reconocimiento arqueológico superficial) realizado, para el área de embalse del proyecto represa Angostura – Caylloma, departamento de Arequipa, el mismo que contempló un área de estudio de 4 355,56 has.

El área fue objeto de reconocimiento “in situ”, con la finalidad de identificar evidencias arqueológicas y proponer las medidas de mitigación adecuadas para su preservación, de acuerdo con los siguientes objetivos:

Determinar la existencia o no de restos arqueológicos dentro del área de influencia del Embalse del Proyecto Represa Angostura, deslindando la posible afectación de evidencias culturales.

Realizar el registro de los sitios arqueológicos que se ubicasen durante el trabajo de Reconocimiento Arqueológico de Superficie, en el área de influencia directa del embalse del Proyecto Represa Angostura, a través de fichas de campo, fotografías, planos con las respectivas coordenadas UTM, croquis, mapas y registro topográfico del entorno. Cumplir con las Normas de Protección al Patrimonio Arqueológico de la Nación, especialmente la RS N° 004-2000-ED.

Proponer las medidas de mitigación necesarias para compatibilizar la preservación y protección de los bienes arqueológicos registrados, con los trabajos proyectados por el Proyecto Represa Angostura.

El Reconocimiento Arqueológico propiamente dicho, se desarrolló dentro de la zona del Área de embalse del Proyecto Represa Angostura, el cual presenta un área de 4 355,56 has, así como, su área de influencia directa e indirecta. La prospección fue realizada íntegramente a pie y siguiendo el método de transectos simples. Además se procedió a la georeferenciación de puntos sobre el terreno y a levantar el registro fotográfico correspondiente.

Durante la evaluación arqueológica del área de embalse del proyecto Represa Angostura, se registraron seis (6) sitios con evidencias culturales de carácter arqueológico, los cuales se encuentran dentro del área de influencia directa del proyecto, y al producirse el embalsamiento, los sitios en mención quedarían cubiertos de agua, originando la pérdida total de las evidencias.

Asimismo se han registrado tres (3) sectores con evidencias culturales (arqueológicas e históricas) en la zona de influencia indirecta de la zona de embalse. Si bien, se hallan fuera de la zona de embalse, podrían ser afectados durante la ejecución de las obras de construcción de la represa Angostura.

## **5. IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES**

### **5.1 Generalidades**

La identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales constituye una de las secciones más importantes del estudio ambiental, dado que en base a sus resultados se determinará el grado de viabilidad ambiental del proyecto de inversión. La viabilidad del proyecto se determina sobre la base de las medidas y/o acciones que serán necesarias implementar para compensar, prevenir, mitigar y controlar los efectos ambientales del proyecto, evidentemente estas medidas y acciones se traducen en un determinado costo ambiental que al ser ingresado al flujo económico esperado del proyecto, nos permiten tener una idea más clara del grado de sostenibilidad del mismo

De este modo, la correcta identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales, determinan el grado de confiabilidad del estudio, de manera que en su desarrollo se debe centrar los esfuerzos para que consecuentemente permita obtener resultados y conclusiones claras y de ese modo garantizar la viabilidad, tanto ambiental, social como económica de los proyectos.

Por otro lado, la ejecución de proyectos de construcción y operación de presas y embalses, por lo general, están asociados a una modificación y alteración de los ecosistemas que dependen ya sea de manera directa como indirecta del recurso hídrico a captar, y dado que los sistemas ambientales asociados a ríos y cursos de agua son de naturaleza dinámica, es bastante probable que los efectos de la modificación sean percibidos en áreas alejadas a la zona de construcción de la represa, pero aguas abajo del río embalsado.

Asimismo, es importante señalar que en la identificación de impactos asociados a embalses se debe tener una especial consideración en los diferentes sectores socio económicos que comparten el uso del recurso hídrico.

Finalmente, consideramos conveniente indicar que es necesario tomar en cuenta el valor estratégico de los embalses, dado que permiten captar y almacenar volúmenes importantes de agua, en los meses de lluvia, para aprovecharlos eficientemente en los meses de estiaje, permitiendo un mejor manejo de los riesgos en las riveras por caudales excesivos de avenidas.

Sin embargo, indistintamente de los efectos positivos y /o negativos asociados a la construcción y operación de embalses, es necesario que el desarrollo de dichos proyectos incluya lo más tempranamente posible consideraciones ambientales para garantizar su gestión reduciendo sus efectos negativos

Sobre la base de los señalado anteriormente, se desarrolla el presente capítulo el cual tiene como fin identificar y evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la Presa Angostura en el área de influencia del proyecto.

## **5.2 Metodología para la Evaluación de Impactos**

Existen diversas técnicas desarrolladas para la identificación y evaluación de impactos ambientales, la mayoría de ellas son de tipo cualicuantitativas, dado que se apoyan en criterios basados en la experiencia del equipo evaluador, sin embargo, permiten conocer o tener una idea del grado de afectación y magnitud de los efectos asociados al proyecto y principalmente establecer un orden en función a su severidad, de manera que en una etapa posterior, se diseñe un plan adecuado para su manejo, priorizando aquellos aspectos que se vean comprometidos de manera más significativa. Bajo este contexto, en el presente estudio se emplearán la matriz de Identificación y Evaluación de Impactos de Leopold, el trabajo se ha desarrollado mediante 2 pasos consecutivos o etapas, las mismas que describimos a continuación:

### **Identificación de Impactos**

En esta etapa se desarrolló un análisis en dos niveles: *i) El Nivel Ambiental:* cuya base técnica lo constituye el desarrollo de la Línea Base Ambiental y cuyos principales resultados se presentan en el capítulo IV del estudio y *ii) El nivel del Proyecto:* el cual se apoya en la descripción y estudio del proyecto presentado en el capítulo III. Es decir, que se requiere conocer tanto el ambiente donde se ejecutará el proyecto como el proyecto en sí mismo, para lograr una adecuada identificación de impactos, de lo contrario no se podrá reconocer aquellos aspectos o factores que presentan una mayor susceptibilidad a la ejecución de las obras o aquellos que presenten un alto grado de dependencia al recurso a modificar.

### **Evaluación de Impactos**

Una vez desarrollada la identificación de los factores ambientales potencialmente afectados y las acciones del proyecto potencialmente generadoras de impactos, se procedió a determinar los criterios de evaluación de impactos. Para efectos metodológicos se ha optado por seleccionar como método de evaluación de impactos la matriz de Leopold sobre la base de dos criterios de evaluación Magnitud e Importancia.

Debemos resaltar que la selección del método de Leopold, estuvo basada en su definición más sencilla, (evaluación en base a dos criterios: Magnitud e Importancia), su sólida base metodológica (método de usanza general y reconocida a nivel científico), asimismo porque su sencillez es a su vez una ventaja metodológica.

Los criterios utilizados para obtener el valor total del impacto fueron:

**Naturaleza:** Referido a las características del Impacto puede ser:

Positivo (+)

Negativo (-)

**Magnitud:** Referido a la extensión o al área hasta el cual se percibirán los impactos

Magnitud	Relacionado a Extensión - Áreas
1 – 3	Cabecera de Cuenca - Zona Angostura
4 – 6	Cabecera de Cuenca y Cuenca intermedia
6 -10	Cabecera de Cuenca y Cuenca Total

**Importancia:** Referido a la intensidad o severidad en la que se presentan los potenciales impactos.

Importancia	Relacionado a Intensidad - Severidad
1 – 3	Bajo: Por debajo de Estándares de Calidad
4 – 6	Medio: Cercano a los Estándares de Calidad
6 -10	Alto: Mayor a los Estándares de Calidad

**Valor Total del Impacto:** El valor total del impacto se obtuvo de multiplicar los criterios señalados, de la siguiente manera:

$$\text{Valor del Impacto} = \text{Naturaleza} \times \text{Magnitud} \times \text{Importancia}$$

### **5.3 Desarrollo Metodológico para la Evaluación de Impactos para el Proyecto**

Como se ha señalado en la sección metodológica, en esta etapa se procedió a la identificación de los componentes interactuantes del ambiente y del proyecto.

### **5.4 Resultados de la Evaluación de Impactos Ambientales**

Los resultados de la Evaluación de Impactos Ambientales para las etapas de construcción, operación y cierre, mediante el empleo del método de evaluación de Leopold se resumen a continuación.

**Cuadro RE 5.4-1:  
Interacciones Moderada y Altamente Significativas – Periodo de Construcción**

	Actividades del Proyecto	Factores Ambientales		Valor de Impacto Significancia Moderada
Construcción de Represa y Embalse	Actividades Preliminares	F-01-02	Oferta y/o disponibilidad de Agua	-63
		F-03-05	Calidad del suelo	-45
		B-01-01	Especies silvestres de Flora	-45
	Extracción de material de cantera	F-01-01	Calidad del Agua	-48
		F-03-05	Calidad del Aire	-35
		B-01-01	Especies silvestres de Flora	-40
		B-02-01	Especies Hidrobiológicas (bentos, perifitón)	-42
		B-02-02	Peces	-36
	Construcción de Presa con método CCR	F-01-01	Calidad del Agua	-63
		F-03-02	Estabilidad de Taludes	-36
		F-03-05	Calidad del Suelo	-40
		B-01-01	Especies silvestres de Flora	-35
		B-02-01	Especies Hidrobiológicas (bentos, perifitón)	-48
		B-02-02	Peces	-36
	Mejoramiento y Habilitación de Accesos	F-02-01	Calidad aire	-42
	Ataguías	F-01-01	Calidad del agua	-48
		F-03-04	Erosión	-36
	Construcción del Tunel	Tunnel Boring Machines (TBM) y Explosiones	F-02-01	Calidad del aire
F-02-02			Ruido	-45
F-03-02			Estabilidad de Taludes	-40
F-03-04			Erosión	-40
F-03-05			Calidad del Suelo	-40
B-01-01			Especies silvestres de Flora	-40
Depósito de Materiales Excedentes		F-01-01	Calidad del Agua	-42

**Cuadro RE 5.4-2:**  
**Interacciones Mediana y Altamente Significativas – Periodo de Operación**

	Actividades del Proyecto	Factores Ambientales		Valor de Impacto Significancia Moderada
Embalse	Embalse	F-01-02	Oferta y/o disponibilidad	63
		F-01-04	Inundaciones	-81
		F-03-02	Estabilidad de Taludes	-63
		F-03-04	Erosión	-36
		F-03-05	Deposición - Sedimentación	-54
	Desembalse	F-01-02	Oferta y/o disponibilidad	-81
		F-01-03	Recarga de Agua Subterránea	-54
		F-02-01	Calidad del Aire	-36
		B-01-01	Especies silvestres	-42
		B-01-02	Especies cultivadas	-40
		B-02-01	Especies Hidrobiológicas	-72
		B-02-02	Peces	-72
	Purga de Sedimentos	F-01-01	Calidad del Agua	-36
		F-03-01	Geomorfología	-63
		B-02-01	Especies Hidrobiológicas	-72
Túnel	Vertimiento a Chalhuanca	F-01-04	Inundaciones	-56
		F-03-01	Geomorfología	-54
		F-03-02	Estabilidad de Taludes	-45
		F-03-04	Erosión	-45
		B-02-01	Especies Hidrobiológicas	-40

**Cuadro RE 5.4-3:**  
**Interacciones Moderada y Altamente Significativas – Periodo de Cierre**

Actividades del Proyecto	Factores Ambientales		Valor de Impacto Significancia Moderada
Construcción de Sistema de descarga - Aliviadero	F-01-01	Calidad del Agua	-42
	F-01-04	Estabilidad de Taludes	-35
	F-03-02	Especies Hidrobiológicas	-36



## **6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El objetivo primordial del presente Plan de Manejo es lograr que las externalidades asociadas al proyecto sean internalizadas, de manera que el valor del patrimonio ambiental del área de estudio no se vea afectado, garantizando su sostenibilidad. De acuerdo a las evaluaciones desarrolladas, se ha encontrado que la construcción y operación de la Represa Angostura ocasionará una serie de impactos ambientales potenciales.

Al respecto, el Plan comprende un Programa de Implementación de caudal ecológico, el cual contempla la modificación de la capacidad de descarga proyectada hacia el río Apurímac, permitiendo una descarga acorde con las estimaciones de caudal ecológico desarrolladas en el presente estudio<sup>3</sup>. Este programa unido a las medidas de manejo ambiental durante el ciclo de vida del proyecto, reducirá notablemente los impactos ambientales asociados a la construcción y operación de represa Angostura.

Asimismo, y pese a que existirá un caudal ecológico que permitirá garantizar un caudal durante el periodo de estiaje gracias al almacenamiento del agua durante las operaciones de embalse, se estima que el caudal evacuado presente a futuro una limitación para el desarrollo de las poblaciones asentadas aguas abajo de la presa en el eje del río Apurímac

En ese sentido, es que el estudio ha considerado necesario incluir proyectos de restauración ambiental compensatoria, encaminados a “compensar” de algún modo, los efectos residuales que no podrán ser manejados a través de las medidas de manejo ambiental. Dichos proyectos, están dirigidos esencialmente a dos objetivos, uno de ellos es brindar a los actores sociales involucrados actividades complementarias para su desarrollo; y por otro lado recuperar, desde un punto de vista ambiental, el valor ecológico de la zona intervenida.

### **6.1 Programas del Plan de Manejo**

A continuación se presentan los Programas contemplados en el plan de Manejo Ambiental de la Represa Angostura.

<b>Ítem</b>	<b>Programa / Alcance</b>	<b>Descripción</b>
<b>I</b>	<b>Medidas de Prevención y Control durante la Etapa de Construcción</b>	
	Programa de Manejo de Canteras Programa de Transporte y Almacenamiento de Agregados Programa de Manejo de Talleres, Depósitos de Maquinarias, Vehículos y Equipos Programa de Manejo de Botaderos y Depósito de Materiales Excedentes Programa de Manejo de Residuos Sólidos en Obra Programa de Manejo de Efluentes Líquidos en Obra	Comprende las medidas de manejo a implementar para la prevención y control de los impactos de la construcción.  Incluye un programa de monitoreo, el cual permitirá evaluar la efectividad de las medidas propuestas y/o detectar acciones tempranas.

<sup>3</sup> Caudal Ecológico estimado considerando los usos sociales aguas abajo de la represa Angostura

**“Estudio de Impacto Ambiental de la Represa de Angostura y Gestión Ambiental a Nivel Definitivo”  
Autoridad Nacional del Agua “ANA”**

Ítem	Programa / Alcance	Descripción
	Programa de Señalización Programa de Seguridad Programa de Capacitación Ambiental y Seguridad Programa de Manejo de Planta de Concreto Programa de Normas de Conducta Laboral Programa de Abandono de Obra Programa de Protección al Medio Socioeconómico Programa de Monitoreo	Las medidas diseñadas han sido elaboradas para el control ambiental en la fuente de generación (zona de construcción del embalse) y el monitoreo de los efectos incluye aguas debajo de la represa en la zona comprendida hasta la confluencia con el río Salado
<b>II</b>	<b>Medidas de Prevención y Control durante la Etapa de Operación y Mantenimiento</b>	
	Programa Ambiental de Manejo de Embalse y Desembalse Programa Ambiental de Purga de Sedimentos – Embalse Programa Ambiental de Manejo de Purga de Sedimentos – Túnel Programa de Manejo de Residuos Sólido Programa de Manejo de Efluentes Líquidos Programa de Monitoreo Programa de Relaciones Comunitarias Programa de Manejo en caso de Eutrofización	Comprende las medidas de manejo para la prevención y control de los impactos asociados a la operación del embalse.
	Programa de Implementación de Caudal Ecológico	Se ha estimado de manera inicial un Caudal ecológico holístico, el cual en la temporada más crítica alcanza $4,19 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$ . Adicionalmente se propone un programa de monitoreo para su determinación específica.  El programa comprende la modificación de la estructura de descarga de la presa, hacia el río Apurímac con capacidad hasta $5 \text{ m}^3/\text{s}$
<b>III</b>	<b>Medidas de Restauración Ambiental Compensatoria</b>	
	Proyecto Afianzamiento Hídrico Proyecto: Instalación de Pastos Mejorados en comunidad de Pusa Pusa Programa de Manejo Ganadero Acondicionamiento del cauce para mejora del hábitat en el Río Apurímac Proyecto de Granjas Piscícolas Proyecto turístico y capacitación comunal para potenciar el turismo rural ecológico y vivencial	Se han propuesto proyectos dirigidos a recuperar el valor ambiental de la zona intervenida y brindar actividades complementarias para las poblaciones asentadas aguas abajo de la presa. Estos proyectos están dirigidos a “compensar” de algún modo, los efectos residuales que no podrán ser manejados a través de las medidas de manejo previstas.
<b>V</b>	<b>Medidas de Prevención y Control durante la Etapa de Cierre y/o Abandono (4)</b>	
		El cierre de las operaciones está previsto para un horizonte entre 30 a 40 años, se han establecido los lineamientos para el manejo ambiental en esta etapa.

## **6.2 Responsabilidad de Implementación del IAN**

El caso del Proyecto de Construcción y Operación de la Represa Angostura, es un caso muy particular, dado que el proyecto viene siendo promovido por el estado peruano y cuya responsabilidad en cuanto a la construcción y operación aun no ha sido definida.

De manera general, podríamos señalar que los costos ambientales asociados a las medidas de manejo de las etapas de construcción y operación, al ser en esencia netamente operativas, podrían ser claramente trasladados al concesionario.

Los costos ambientales deben ser internalizados al proyecto, incorporándose tanto en los costos de inversión (CAPEX), como en los costos de operación (OPEX). Esto implica que para la sostenibilidad del proyecto, estos costos sean trasladados a los usuarios finales a través de las tarifas.

Se ha constatado que la magnitud de los costos ambientales estimados en el EIA son superiores a los originalmente previstos en los estudios que orientaron el proceso de licitación conducido por Proinversión. Estos costos adicionales deberían ser tomados en cuenta dentro de este proceso, puesto que afectarán la recuperación de costos del postor que resultase ganador, al no haber tenido en cuenta estos costos adicionales al momento de formular su propuesta. Finalmente, tal como se expone en el Título IV del D.S. 022-2009-AG, la tarifa resultante – que incluirá la propuesta modificada del postor ganador – será asumida íntegramente por los usuarios.

A continuación presentamos un cuadro resumen

### **Resumen- Responsabilidad del Plan Internalización de Costos Ambientales**

<b>Ítem</b>	<b>Programa</b>	<b>Responsable Operativo</b>	<b>Responsable Financiero</b>
I	Medidas de Prevención y Control durante la Etapa de Construcción	Concesionario	Concesionario
II	Medidas de Prevención y Control durante la Etapa de Operación y Mantenimiento	Concesionario	Concesionario
III	Programa de Restauración Ambiental Compensatoria <sup>(1)</sup>	Concesionario / Estado	Concesionario / Estado
V	Medidas de Prevención y Control durante la Etapa de Cierre y/o Abandono <sup>(3)</sup>	Estado	Estado

(1) Los costos de manejo ambiental podrían ser compartidos entre el Estado y el Concesionario en proporción a la participación del proyecto, para luego ser trasladados a los usuarios

(2) El cierre de las operaciones se llevara a cabo cuando la infraestructura pase a manos del estado, según el modelo de concesión

## **7. PLAN DE CONTINGENCIA**

El Plan de Contingencias tiene por objeto establecer las acciones que se deben de ejecutar frente a la ocurrencia de eventos imprevistos en las diversas fases del proyecto, las cuales pueden ser de carácter técnico, accidental o humano, con el fin de proteger la vida humana, los recursos naturales y la propiedad, así como también para evitar retrasos y costos extras durante la ejecución de la obra.

Las contingencias deberán ser tomadas en cuenta desde la concepción del proyecto utilizando todos los recursos disponibles para que las respuestas a los eventos no previstos sean efectivas y oportunas.

Para el proyecto Represa Angostura se han considerado las siguientes medidas de contingencia.

- Medidas de Contingencia para accidentes en el uso de explosivos.
- Medidas de contingencia para la ocurrencia de Sismos.
- Medidas de Contingencia para la ocurrencia de deslizamientos.
- Medidas de contingencia ante la posibilidad de falla y colapso de estructuras de la presa.
- La implementación de un sistema de alerta temprana.

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1 Conclusiones**

A continuación se presentan las principales conclusiones del Estudio de Impacto Ambiental y Gestión Ambiental a Nivel Definitivo de la Represa de Angostura:

#### **Conclusiones en relación al proyecto:**

- El Proyecto Especial Majes Sigvas, fue creado hace 37 años (1973) y a la fecha viene irrigando aproximadamente 14 000 ha (I Etapa), en la región Arequipa. La II Etapa del proyecto, comprende la construcción de la represa de Angostura, de 1140 MMC de capacidad neta, ubicada en la cuenca alta del río Apurímac; un túnel de derivación de 30 m<sup>3</sup>/s de capacidad y 16 529 km de largo, que deriva las aguas del embalse a la quebrada de Chalhuanca (afluente del río Colca), una toma en el río Sigvas y la conducción de las aguas hacia las pampas del mismo nombre, a fin de irrigar 38 500 ha y beneficiar a cerca de 300 000 habitantes.

#### **Conclusiones en relación al marco legal**

- El marco legal en el que se circunscribe el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Angostura y Gestión Ambiental a Nivel Definitivo, está conformado por las normas y/o dispositivos legales vigentes en nuestro país, que tienen relación directa con la ejecución del proyecto y la conservación del medio ambiente. Sectorialmente, está enmarcado en la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, el Decreto Legislativo N° 1 081 que crea el Sistema Nacional de Recursos Hídricos y el Decreto Legislativo N° 997,

que promueve la inversión privada en proyectos de irrigación para la ampliación de la frontera agrícola y su Reglamento, entre otros.

### **Conclusiones en relación a la línea de base ambiental para el área de influencia**

- El área de influencia ambiental de proyecto de la represa de Angostura, abarca una extensión de aproximadamente 274 530 ha y ha sido determinada utilizando el criterio ecosistémico, que interrelaciona aspectos técnicos, ambientales y sociales. Comprende la cabecera de cuenca del río Apurímac (microcuencas de los ríos Hornillos y Apurímac) y la zona comprendida aguas abajo de la represa, siguiendo el eje del río Apurímac hasta la confluencia con el río Salado.
- Teniendo como referencia los parámetros que establece el estándar de calidad de aire (ECA Nacional), la evaluación indica que ésta es buena y que el área natural no se ha visto mayormente afectada por actividades antrópicas.
- Con respecto a la calidad del agua, tomando como referencia los valores estándares establecidos en ECA del Agua, la evaluación correspondiente indica que en general es buena, salvo leves concentraciones de nitritos y de nitrógeno (no considerado en el ECA) en los cuerpos superficiales de los ríos Apurímac, Hornillos y Colca. Este aspecto estaría correlacionado con el probable uso de fertilizantes en los pastos de la zona de Pusa Pusa y el pastoreo intenso en la zona.
- La evaluación de calidad de suelo, desde el punto de vista de fertilidad, indica características variables, encontrándose suelos desde medianamente fértiles hasta muy pobres. El potencial de uso del suelo evaluado en el área de influencia, indica que el uso del recurso con fines agrícolas, estaría limitado por las condiciones edafoclimáticas. Desde el punto de vista agrostológico, los pastos encontrados en el área de influencia del proyecto son en su mayoría naturales, mientras que los cultivados focalizados en los distritos de Espinar y Coporaque.
- Tanto de los resultados del reconocimiento geológico, efectuado por CESEL S.A. en la zona de la represa Angostura, como de la revisión de la información del proyecto, se concluye que los estudios básicos relacionados con los aspectos geomorfológicos, litológicos, estructurales y geotécnicos deberían ser ampliados, teniendo en cuenta la altura del dique y la envergadura de la estructura hidráulica proyectada.
- El área de la depresión Caylloma fue, desde el Plioceno hasta el Pleistoceno, una laguna glacial cuyo drenaje probablemente se debió a movimientos tectónicos en la región, los cuales habrían generado fisuras (grietas) que facilitaron la fuga de sus aguas. Posteriormente, el sistema de fracturamiento NE – SO y la erosión habrían dado lugar a la formación del actual cañón en el río Angostura o Apurímac.
- El cañón Angostura, donde se proyecta la represa, está modelado en rocas de la formación Ichiccollo y su cauce no se encuentra afectado por fallamientos. Sin embargo, en el estribo izquierdo y aguas arriba del *huaro* (puente artesanal), existe una falla denominada Chillatira, que afecta solamente a la formación Ichoccollo (miembro superior) y probablemente alcance a la formación Pusa, pero no al grupo Barroso; en el peor de los casos esta falla tendría una edad de 2,5 Ma.
- El estudio geológico y sísmico, realizado por el Consorcio Harza-Misti en 1998 (contratado por AUTODEMA), concluye que el cañón Angostura podría ser influenciado

en el futuro por movimientos tectónicos regionales, dado que el área está dentro de una zona volcánica por excelencia, cercana a la subsidencia tectónica de la Línea de Caldera (Plioceno) reciente, que podría reactivarse. Dicho estudio hace referencia a una aceleración pico de 0,24 g, cifra que debería confirmarse para determinar un valor óptimo, teniendo en cuenta el riesgo sísmico en el área de influencia. Es importante destacar, además, que el proyecto Represa de Angostura se halla próximo a la zona de Subducción, donde las placas tectónicas descargan la energía acumulada en forma gradual o violenta.

- El estudio hidrológico, realizado por la empresa Agua y Agro (AAAA) para la cuenca del río Apurímac, reporta un valor promedio de caudal de 11 m<sup>3</sup>/s para un área de 1290 km<sup>2</sup>, con un rendimiento de cuenca promedio de 8,5 l/s/km<sup>2</sup>, un valor relativamente bajo comparado con cuencas similares. Por su parte, la cuenca del río Colca, que abarca aproximadamente 4100 km<sup>2</sup> con una descarga media de 38 m<sup>3</sup>/s, tiene un rendimiento promedio de 9,3 l/s/km<sup>2</sup>. De las estimaciones de caudales medios en la estación Condoroma, se obtuvo que el valor de un caudal anual medio es de 11,34 m<sup>3</sup>/s, para un área de drenaje de 1219 km<sup>2</sup>.
- La precipitación máxima de 24 horas para la cuenca del río Apurímac en la estación Angostura, para un periodo de retorno de 1000 años, es de 97,4 mm. El hidrograma de avenida para dicho periodo en la mencionada estación muestra un caudal pico de 606 m<sup>3</sup>/s. la Avenida Máxima Probable, entendida como la posibilidad de ocurrencia de avenida máxima, no presenta periodo de retorno, mostrando un caudal pico de 2870 m<sup>3</sup>/s.
- Tanto la AMP como la avenida para un periodo de retorno de 1000 años serían considerablemente amortiguadas por el embalse Angostura. En el primer caso, el hidrograma de salida por el aliviadero muestra un caudal pico de 578 m<sup>3</sup>/s, mientras que en el segundo caso presenta uno de 78 m<sup>3</sup>/s. Claramente, se trata de un impacto positivo de la represa Angostura.
- El estudio de vulnerabilidad, realizado por CESEL S.A., concluye que cualquier falla en la operación de la represa podría generar grandes inundaciones aguas abajo, en ambas márgenes del río Apurímac, destruyendo caseríos, estructuras viales y de riego e inundando las pampas de Yauri.
- La caracterización hidrogeológica, desarrollada por CESEL S.A., ha permitido diferenciar dos tipos de acuíferos, el primero constituido por depósitos sedimentarios no consolidados del Cuaternario y el segundo por los acuíferos fisurados relacionados a las formaciones rocosas. En el primero caso, el acuífero de origen fluvio aluvial presentaría horizontes conformados por sedimentos finos de estiaje, más permeables, y horizontes menos permeables en contacto con la roca volcánica.
- Con respecto al área del embalse Angostura, podemos concluir que descansa sobre un piso de fondo lacustre y sedimentos litificados, lo que le confiere características de baja permeabilidad, por lo cual se tendrían condiciones de alta retención de agua en el embalse cuando se construya el dique.
- El estudio biológico dentro del área de influencia concluye, que la estructura de la biota, representada por la comunidad vegetal, la fauna de invertebrados terrestres y la comunidad acuática, no se vería mayormente afectada por las actividades antrópicas.

- La comunidad vegetal está constituida esencialmente por asteráceas y poáceas, en concordancia con las características ecológicas del medio. Se destacan las siguientes especies:
  - *Polylepis incana* (“quinual” o “queñoa”). Se ha detectado la presencia de queñuales, categorizados en situación en peligro (EN), en los márgenes del río Apurímac, en la zona de Tres Cañones. Estos quinuales no sufrirían mayor impacto, ya que están localizados en las partes superiores de los peñascos.
  - *Parastrephia lepidophylla*, *Parastrephia quadrangularis* (“tola”). Se encuentra localizada dentro del área de influencia directa del proyecto, en las inmediaciones de la represa de Angostura.
  - *Buddleja coriacea* (“colle”). Localizada también en los márgenes del río Apurímac, en la zona de Tres Cañones, al igual que los queñuales.
- En la evaluación biológica realizada en el área del estudio se han reportado dos especies de aves en situación casi amenazada (NT): la “parihuana” (*Phoenicopterus chilensis*) y el “halcón perdiguero” (*Falco peregrinus*). En la otra categoría, en situación en peligro (EN), tenemos al “cóndor andino” (*Vultur gryphus*). Una tercera especie en situación de casi amenazada (NT) es la “vicuña” (*Vicugna vicugna*) silvestre, reportada por los pobladores en la zona del estudio. Por otro lado, como especie en peligro (EN), se ha identificado a la “taruca” (*Hippocamelus antisensis*), cuyo hábitat son las partes superiores de las quebradas, que no sufriría mayor impacto por estar fuera de la influencia directa del proyecto. No se reporta ningún reptil o anfibio en situación de amenaza dentro del área de estudio.
- Por su parte, los macroinvertebrados bentónicos indican que el estado de la comunidad hidrobiológica es aceptable y no existen puntos que revelen una alta carga de contaminantes.
- De acuerdo al estudio socioeconómico del área de influencia social, se ha determinado que gran porcentaje de la población se encuentra en condiciones de pobreza y extrema pobreza. A nivel de viviendas existe una carencia notoria de servicios básicos. mientras que en el campo de educación y salud se presentan serias limitaciones de infraestructura, especialmente en las comunidades campesinas.
- En el aspecto económico, se tiene una población mayoritariamente dedicada a la ganadería, agricultura, caza y silvicultura, con muchas necesidades básicas insatisfechas y con potencial para desarrollar proyectos de desarrollo sostenible, que cambien definitivamente su actual situación de precariedad, contando para ello con una población joven, deseosa de mejorar sus condiciones de vida.
- En cuanto a las percepciones en torno al proyecto, el trabajo de campo realizado por los especialistas, a través de diversos mecanismos (encuestas, entrevistas, diálogos, diagnósticos participativos, etc.), indica que el proyecto cuenta con apoyo moderado entre la población del distrito de Caylloma, aunque el anexo Pusa Pusa muestra una oposición relativamente grande. Por otro lado, se registra una total oposición entre las comunidades campesinas, distritos y centros poblados de la provincia de Espinar, ubicados dentro del área de influencia del proyecto.
- El resultado de la evaluación arqueológica del área de embalse de la represa Angostura, indica la presencia de seis (06) áreas con evidencias culturales de carácter arqueológico: Ranrakancha, cerro Pusa Pusa, cerro Pukara, Unkaillani, puente Pusa-

Pusa y Pampa Calera; así como tres (03) sitios con evidencias culturales (arqueológicas e históricas) fuera del perímetro de la zona del embalse: Camino Inca, Accocunca y Molino o Trapiche Colonial.

### **Conclusiones en relación a los impactos ambientales potenciales**

- Las actividades de construcción y operación de la represa Angostura ocasionarán cambios en los componentes bióticos, físicos y socioeconómicos, asociados principalmente a la modificación del régimen de caudales del río Apurímac.
- Los efectos de los cambios generados, serán percibidos principalmente en el río Apurímac, en el tramo comprendido aguas abajo de la represa Angostura y la confluencia con el río Salado; tramo donde, con el aporte del río Salado, el río Apurímac mejoraría las condiciones de su caudal disponible. Adicionalmente, cabe indicar que, de acuerdo a las evaluaciones de vulnerabilidad, los efectos de una eventual rotura de la represa serían percibidos hasta esta zona.
- Dentro de la zona potencialmente impactada están consideradas las riberas y márgenes del río, así como los poblados que se asientan en sus cercanías, entre los que se tienen las comunidades de Sepillata, Anansaya Collana Chisicata, Suero y Cama, en el distrito de Espinar; Hancamayo, Apachaco, Puente Central, Apachillanca, Mamanihuayta, Hancocahua, Manturca, Cotahuasi y Hatun Ayra Collana en el distrito de Coporaque; y Suykutambo, Echocollo, Cerritambo y Chaupimayo en el Cusco. Cabe señalar que los impactos potenciales no serían percibidos en todas las comunidades con la misma magnitud, dado que en muchas de ellas están asociados, principalmente, a la reducción de la oferta para cubrir la demanda hídrica del ganado durante la época de estiaje.
- De acuerdo a las evaluaciones desarrolladas, se ha observado que los impactos potenciales más saltantes se presentarían durante la etapa de operación, principalmente en la época de estiaje (periodo de desembalse), en caso que el caudal descargado hacía el río Apurímac a pie de presa no contribuyera a cubrir las demandas actuales para la temporada seca en el tramo en estudio.
- Durante el periodo de embalse, en la etapa de operación, se ha identificado un impacto potencial positivo, relacionado a la reserva del recurso hídrico del río Apurímac: independientemente del modelo operativo del embalse en la época de estiaje, la entrada en operación de la represa permitirá desarrollar una regulación del recurso y almacenarlo en épocas de superávit (temporada de lluvias) para su uso y aprovechamiento en épocas de déficit (temporada de estiaje), de manera que existiría un valor estratégico del embalse para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico durante los meses críticos.
- El valor estratégico del embalse, para ser entendido como tal, debe estar asociado a un modelo de operación sostenible, que considere criterios ambientales, sociales y ecológicos al momento de establecer un plan de embalse y desembalse.

### **Conclusiones en relación al Plan de Manejo Ambiental**

- Como parte del presente estudio, se ha diseñado un Plan de Manejo Ambiental dirigido a internalizar los efectos ambientales asociados al proyecto, garantizando que su



ejecución se desarrolle de manera sostenible, sin reducir el valor del patrimonio ambiental del área de estudio

- De este modo, el Plan de Manejo Ambiental ha sido elaborado contemplando tres tipos de medidas:
  - *Medidas de manejo de carácter preventivo y de control*, para aquellos impactos que puedan ser manejados y/o controlados
  - *Medidas de contingencia*, asociadas a eventos extraordinarios o de riesgo que puedan presentarse.
  - *Medidas de restauración ambiental compensatoria*, dirigidas a compensar ambientalmente y a la sociedad (principal beneficiaria de los servicios ambientales) por los cambios y/o impactos residuales que no podrán ser manejados a través de las otras medidas.
- Dentro de las principales medidas de manejo de carácter preventivo y de control, el plan ha contemplado un *Programa de Implementación de Caudal Ecológico*, el cual contempla medidas para garantizar un caudal de 2.4 m<sup>3</sup>/s en el tramo crítico, comprendido entre el pie de represa y la desembocadura del río Salado.
- Con el fin de cubrir todas las demandas de agua, incluyendo otros casos adicionales a los correspondientes al caudal ecológico, se ha concluido que es necesario realizar dos proyectos de afianzamiento hídrico sobre los ríos Sañu y Cayo Mani. Complementariamente, como previsión ante posibles contingencias, se recomienda disponer, en la represa Angostura, de una estructura que descargue hacia el río Apurímac, con una capacidad de hasta 5 m<sup>3</sup>/s, para cubrir eventuales problemas de disponibilidad en los proyectos de afianzamiento hídrico citados.
- Para el presente estudio, la determinación de caudal ecológico para la represa Angostura, en el río Apurímac, desarrollada por CESEL S.A., constituye una primera estimación, la misma que debe ser corroborada, una vez entrada en operación la represa Angostura, con investigaciones y trabajos de campo que recauden monitoreos asociados al hábitat en el río Apurímac por un periodo mínimo de 02 años; es decir, que comprendan investigaciones tanto en época seca como húmeda y para distintos años hidrológicos (recomendable años hidrológicos promedio y extremos).
- El caudal ecológico estimado en el presente estudio, fue determinado utilizando el enfoque holístico (conforme a lo señalado en los Términos de Referencia para desarrollo del servicio). Este enfoque considera las demandas actuales y futuras, así como los requerimientos necesarios para el sostenimiento del hábitat acuático. Para la estimación de los requerimientos del hábitat acuático se utilizaron modelos de simulación hidrobiológica (RHABSIM). La determinación de las demandas actuales y futuras se obtuvo de la información proporcionada por los organismos regionales relacionados.
- En el modelo de análisis se han considerado tres escenarios: el primero constituye la situación actual, que implica el río Apurímac con el proyecto de irrigación Cañón del Apurímac (PICA). El segundo comprende el río Apurímac con el proyecto Angostura, el PICA y los requerimientos hídricos para el hábitat de las especies de macrobentos, entre otras representativas. Finalmente, el tercer escenario comprende al río Apurímac con el proyecto Angostura, el PICA y los requerimientos hídricos para el hábitat de

*Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoiris) que, dada su importancia social, es la especie íctica más representativa.

- Los resultados del estudio para los tres escenarios se pueden apreciar en los cuadros siguientes:

**Escenario 1 - Río Apurímac en situación actual, con el PICA**

	m <sup>3</sup> /s											
	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Caudal dejado aguas abajo de toma del PICA(*),</b>	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
<b>Otras demandas (PICA, consumo local, etc.)</b>	0,11	0,11	0,12	1,30	2,10	1,91	1,91	2,17	2,53	2,31	2,56	0,51
<b>Demanda total</b>	0,27	0,27	0,28	1,46	2,26	2,07	2,07	2,33	2,69	2,47	2,72	0,67

(\*) El caudal que deja el PICA no cubre los requerimientos del caudal ecológico.

**Escenario 2 - Proyecto Angostura, PICA y hábitat para sostenimiento mínimo de macrobentos**

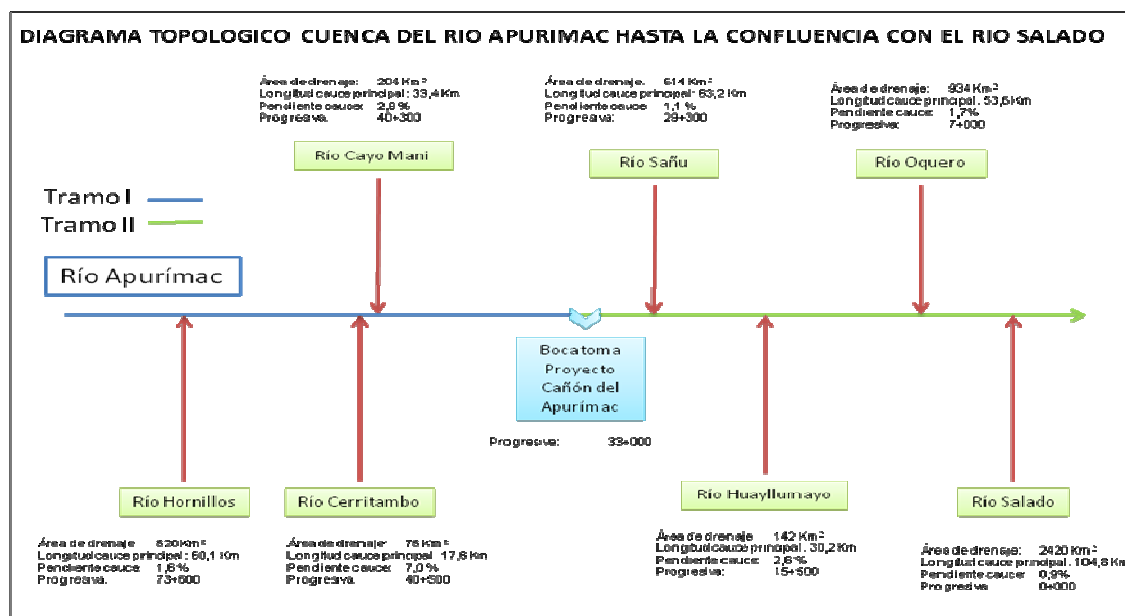
	m <sup>3</sup> /s											
	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Caudal ecológico ha liberarse por la futura represa Angostura</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Otras demandas (PICA, consumo local, etc.)</b>	0,11	0,11	0,12	1,30	2,10	1,91	1,91	2,17	2,53	2,31	2,56	0,51
<b>Demanda total</b>	1,11	1,11	1,12	2,30	3,10	2,91	2,91	3,17	3,53	3,31	3,56	1,51

**Escenario 3 - Proyecto Angostura, PICA y hábitat para sostenimiento de *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoiris)**

	m <sup>3</sup> /s											
	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Caudal ecológico ha liberarse por la futura represa Angostura</b>	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
<b>Otras demandas (PICA, consumo local, etc.)</b>	0,11	0,11	0,12	1,30	2,10	1,91	1,91	2,17	2,53	2,31	2,56	0,51
<b>Demanda total</b>	2,51	2,51	2,52	3,70	4,50	4,31	4,31	4,57	4,93	4,71	4,96	2,91

- Para los macrobentos (Escenario 2), determinados utilizando el modelo descrito y la curva de preferencia de dicha especie, el caudal mínimo para su preservación sería de 1,0 m<sup>3</sup>/s. Por su parte, bajo este mismo modelo y utilizando la curva de preferencia de la trucha arcoiris (Escenario 3), el modelo estima caudales mínimos de 2,4 m<sup>3</sup>/s. Las curvas de preferencia de las especies han sido determinadas mediante el método de simulación hidrobiológica.

- Los valores mínimos de caudal ecológico, determinados mediante el modelo descrito y los trabajos de campo mediante aforos puntuales sobre el cauce del río Apurímac y sus tributarios (Escenario 3) indican valores mayores al propuesto por el estudio definitivo del proyecto de la represa de Angostura (Harza – Misti, 1999) de 1,14 m<sup>3</sup>/s. Con dicho caudal, no estarían garantizados los requerimientos hídricos del proyecto Cañón del Apurímac y la sostenibilidad de la trucha arcoiris. El caudal de 1,14 m<sup>3</sup>/s (Harza - Misti, 1999), solo garantizaría la preservación de los macrobentos.
- Con la implementación del proyecto Angostura, y los proyectos de afianzamiento hídrico, el tramo comprendido entre la represa y la toma del PICA, necesita una descarga a pie de represa de Angostura de un caudal mínimo de 2,4 m<sup>3</sup>/s, con el cual se garantizaría la sostenibilidad de la trucha arcoiris, así como de las especies inferiores.



- Para el tramo II, comprendido entre la toma del PICA y la confluencia con el río Salado, la disponibilidad hídrica, puede ser compensada con la ejecución de proyectos de afianzamiento hídrico sobre los ríos Sañu (1,5 m<sup>3</sup>/s) y Cayomani (1,0 m<sup>3</sup>/s), con los cuales el aporte de estos embalses sería del orden de 2,5 m<sup>3</sup>/s. Este aporte, más el descargado a pie de presa de 2,4 m<sup>3</sup>/s, garantizarían la disponibilidad del recurso hídrico para el PICA y la sostenibilidad de la trucha a través del tramo represa Angostura – río Salado.
- Se estima que la implementación del caudal ecológico y los programas relacionados al manejo ambiental durante el ciclo de vida del proyecto, reducirán notablemente los potenciales impactos ambientales asociados a la construcción y operación de represa Angostura.
- El caudal ecológico permitirá garantizar los requerimientos para el hábitat, lo que es adicional al caudal, necesario para satisfacer las demandas del PICA. Para compensar los efectos residuales que no podrán manejarse, se han propuesto las medidas de restauración ambiental compensatoria.

- Entre los proyectos de restauración ambiental compensatoria, el de mayor relevancia es el proyecto de afianzamiento hídrico en el tramo afectado, el cual propone lo siguiente:
  - Construcción de un dique de 30 m sobre el río Cayomani, que se ubicaría aproximadamente sobre los 4030 m.s.n.m y a 1500 m aguas arriba de la confluencia con el río Apurímac y que tendría un volumen útil de aproximadamente 10 MMC.
  - Construcción de un dique de 50 m sobre el río Sañu, el mismo que tendría un volumen útil de aproximadamente 50 MMC y estaría ubicado en la zona denominada Niqueta, alrededor de los 4120 m.s.n.m. En éste punto el área de drenaje de la cuenca del río Sañu es de aproximadamente 470 km<sup>2</sup>.

El volumen total de estos dos embalses proveería un caudal promedio aproximado de 2,50 m<sup>3</sup>/s

- Considerando las medidas de manejo ambiental propuestas y los proyectos de restauración ambiental compensatoria, el presupuesto estimado del Plan de Manejo Ambiental asciende a US\$ 27,3 millones.
- Los costos ambientales deben ser internalizados al proyecto, incorporándose tanto en los costos de inversión (CAPEX), como en los costos de operación (OPEX).
- Los costos ambientales, asociados a las etapas de construcción y operación de la represa Angostura, deberán ser incluidos dentro de los programas de manejo ambiental y compensación social que el concesionario deberá implementar como parte del proyecto.

## **8.2 Recomendaciones**

- Se recomienda ampliar las evaluaciones geológicas y geoestructurales de ambos estribos donde se va a construir la represa, incluida la falla Chillatira, a fin de garantizar la impermeabilidad y estabilidad de la estructura de cierre.
- La represa Angostura está proyectada en una zona volcánica, donde los movimientos telúricos son frecuentes, por lo tanto debe ser construida con criterio de alto riesgo sísmico. Se recomienda actualizar el estudio de sismicidad regional, que determine zonas sísmicas, parámetros sísmicos, aceleraciones máximas, coeficientes sísmicos (g) y atenuaciones si las zonas sísmicas son externas, así como el cálculo del riesgo sísmico para los diferentes periodos de vida útil de las obras.
- En consideración a las condiciones y características geológicas, geoestructurales y sísmicas del área de emplazamiento de la represa, se recomienda instalar estaciones sismográficas. Estos registros permitirán evaluar el comportamiento dinámico de los materiales en el área.
- Se recomienda seguir las medidas de manejo ambiental sugeridas en el presente estudio, a fin de reducir los potenciales impactos ambientales asociados con la construcción y operación de la represa Angostura.

- Se recomienda que, una vez que la represa Angostura entre en operación, se desarrollen los estudios técnicos necesarios para determinar los siguientes instrumentos operativos:
  - *Plan operativo de embalse y desembalse*, que constituirá un documento técnico y operacional, y cuya elaboración deberá contemplar las recomendaciones planteadas en el presente estudio, incorporando criterios de carácter técnico, ambiental y social.
  - *Plan operativo de purgas de sedimentos del embalse*, para lo cual se deberán seguir las recomendaciones del presente estudio (Plan de Manejo) e incorporar medidas de control de sedimentación y colmatación.
  - *Plan operativo de descarga de caudal ecológico*, que deberá contemplar las recomendaciones del presente estudio y estar asociado a la implementación del programa de monitoreo del hábitat, para su determinación específica. El periodo mínimo recomendado para su realización es de 02 años.
  
- Se recomienda que, una vez construida la represa Angostura, los primeros dos años sean considerados como un periodo de pruebas, que permita estudiar las variables señaladas en el presente estudio para determinar los planes operativos indicados.
  
- Se recomienda incorporar a la represa Angostura una estructura de descarga de agua, hacia el cauce del río Apurímac, con una capacidad del orden de 5 m<sup>3</sup>/s para garantizar, en caso de contingencia, los requerimientos del recurso hídrico por parte del PICA, adicionalmente a los requerimientos del caudal ecológico.
  
- Si en el futuro se requieren cubrir mayores demandas de agua que pongan en riesgo el caudal ecológico, determinado inicialmente en 2.4 m<sup>3</sup>/s, para las condiciones actuales del cauce del río Apurímac, se recomienda el desarrollo de proyectos de acondicionamiento del mismo, que permitan garantizar un hábitat apropiado para un eventual menor caudal.
  
- Se recomienda instalar 02 estaciones hidrométricas inmediatamente aguas abajo de la toma del PICA. Dichas estaciones permitirán controlar la descarga de la represa Angostura.
  
- Se ha constatado que la magnitud de los costos ambientales estimados en el presente estudio es superior a los originalmente previstos en los estudios precedentes, por lo que se recomienda actualizar las previsiones para un correcto manejo ambiental.
  
- En consideración a que el proyecto Angostura debe incorporar entre sus reglas de operación la descarga obligada del caudal ecológico hacia la cuenca del río Apurímac, es recomendable que en el sistema de aprovechamiento de las aguas derivadas hacia las áreas de irrigación del proyecto Majes-Sihuas 2, se incorpore tecnologías de primer nivel para posibilitar el uso eficiente del recurso hídrico, entre lo que podemos mencionar:
  - Incorporación masiva de sistema de riego por goteo o similares
  - Sistema de medición y control en línea del caudal distribuido
  - Sistema de gestión del recurso hídrico, que incorpore un sistema de despacho de agua en correspondencia a la demanda programada por los usuarios.