



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD Y DE ESTÁNDAR DE DISEÑO DEL  
EMBALSE Y CENTRAL HIDROELÉCTRICA PUNILLA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**DAVID MATIAS VALVERDE ROJAS**

PROFESOR GUÍA:  
ADOLFO OCHOA LLANGATO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
EZEQUIEL CAMUS HAYDEN  
ALBERTO DE LA FUENTE STRANGER

SANTIAGO DE CHILE  
2022

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
POR: DAVID MATIAS VALVERDE ROJAS  
FECHA: 2022  
PROF. GUÍA: ADOLFO OCHOA LLANGATO

## **ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD Y DE ESTÁNDAR DE DISEÑO DEL EMBALSE Y CENTRAL HIDROELÉCTRICA PUNILLA**

El presente trabajo de título desarrolla el análisis de la Sustentabilidad y del Estándar de Diseño del proyecto Punilla. Este proyecto corresponde a un embalse multipropósito con fines de riego y generación eléctrica, ejecutado bajo la modalidad de concesiones, adjudicado el año 2016 por Astaldi Concessioni S.R.L. Agencia en Chile, y que durante los procesos de expropiación que involucraron desalojos forzosos, el Tercer Tribunal Ambiental de Chile resuelve dar por temporalmente suspendida la Resolución de Calificación Ambiental y con ello paralizar las obras y el proceso de expropiación. Sumado a esto, se detecta por parte del concesionario que el embalse posee menor capacidad que la definida en las Bases de Licitación, lo que lleva a un quiebre en las relaciones con el MOP y deriva en la extinción del contrato entre las partes.

La Sustentabilidad del proyecto Punilla se evalúa por medio de pautas elaboradas con base en estándares internacionales, realizando un análisis de mayor a menor escala de los instrumentos de gestión pública y efectuando un levantamiento de información proveniente de terreno del conflicto Socio-Ambiental.

El Estándar de Diseño se analiza por medio de una revisión de la bibliografía y el estado del arte del diseño y los métodos constructivos de las presas CFRD (Concrete Face Rockfill Dam).

Además, se analiza la Gestión Contractual del proyecto por medio de la discrepancia ingresada al Panel Técnico de Concesiones, dada la menor capacidad del embalse detectada por el concesionario, y auditorías efectuadas por la Contraloría General de la República al proyecto, en la cual se fiscaliza el cumplimiento del contrato de Concesión.

Los resultados obtenidos en este trabajo ilustran, por medio de la experiencia del proyecto Punilla, una gran cantidad de factores propensos a mejora en la gestión Socio-Cultural de proyectos de embalse y/o Centrales Hidroeléctricas, en la gestión contractual y la labor del Inspector Fiscal y, en el rol del estado en la asociación público privada. Respecto al análisis del estándar de diseño, se obtiene que la Ingeniería del proyecto está ejecutada correctamente, se siguió el estándar técnico que instaura la experiencia recogida a lo largo de los años en las presas CFRD, la cual es crucial dado lo empírico de ciertos criterios utilizados.

*Dedicado a mi Madre y mi Padre,  
porque yo solo soy una extensión de ellos.*

# Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mi Padre y a mi Madre quienes han brindado siempre su amor, apoyo y confianza. Su esfuerzo de muchos años hoy está dando frutos y puedo, por fin, retribuirles un poco de lo tanto que me han dado. Fueron sus herramientas las que me permitieron crecer e ir superando cada obstáculo.

Agradecer también a mi hermana Tamara por su contención, consejos y ayuda brindada durante esta etapa tan larga. Me has cuidado durante toda mi vida y la etapa universitaria no fue la excepción.

A mi hermano Cristóbal, a mis “Welis” y a mi Tata por todo ese regaloneo y aliento que fue muy necesario. La imagen de mi familia celebrando la titulación fue siempre la inyección anímica cuando el cansancio pesaba.

Agradecer a mi mejor amigo Cristián Andrés y a mi pareja Natalia Esperanza por acompañarme en cada paso, por su preocupación constante en el estado de la memoria y mi avance curricular, por todas esas conversaciones, consejos, salidas y caminatas que ayudaron a alivianar la carga académica.

Por último, al profesor Adolfo por la oportunidad de trabajar junto a él, por su profesionalismo, su preocupación y su orientación constante en la elaboración de este trabajo. Agradecer también a Don Ezequiel y al profesor Alberto por aceptar formar parte de la comisión, por las reuniones y aclaraciones dadas durante este tiempo.

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción y Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	2
1.2.1. General . . . . .	2
1.2.2. Específicos . . . . .	2
1.3. Metodología . . . . .	3
1.3.1. Análisis de Sustentabilidad del proyecto Punilla . . . . .	3
1.3.2. Estándar de Diseño . . . . .	3
1.3.3. Gestión Contractual . . . . .	4
1.3.4. Construcción y Planificación del proyecto . . . . .	4
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>5</b>
2.1. Contexto Energético en Chile . . . . .	5
2.1.1. Hoja De Ruta 2050 . . . . .	6
2.1.2. Planificación Energética de Largo Plazo 2023-2027 . . . . .	8
2.2. Hidroelectricidad . . . . .	11
2.2.1. Centrales Hidroeléctricas . . . . .	11
2.2.1.1. Centrales de Pasada . . . . .	11
2.2.1.2. Centrales de Embalse . . . . .	12
2.2.2. Hidroelectricidad a nivel global . . . . .	13
2.2.3. Proyectos Hidroeléctricos en Chile . . . . .	15
2.3. Regulación Hídrica . . . . .	18
2.3.1. Justificación de las obras de regulación . . . . .	19
2.3.2. Tipos de Embalse . . . . .	20
2.3.3. Construcción de Embalses en Chile . . . . .	20
2.3.4. Plan Nacional de Embalses . . . . .	24
2.4. Cambio Climático e Hidroelectricidad . . . . .	26
2.5. Sustentabilidad en la Hidroelectricidad . . . . .	28
2.5.1. Marco Normativo de Sustentabilidad . . . . .	28
2.5.2. Estándares de Sustentabilidad en Hidroelectricidad . . . . .	30
2.5.3. Hidroelectricidad Sustentable . . . . .	31
2.5.3.1. ¿Cómo lograr mayor sustentabilidad en el sector hidroeléctrico?	31
<b>3. Embalse y Central Hidroeléctrica Punilla</b>	<b>34</b>
3.1. Descripción general del proyecto . . . . .	34
3.2. Estudios Preliminares . . . . .	36
3.2.1. Estudios Previos . . . . .	36

3.2.2.	Estudio de Factibilidad . . . . .	36
3.2.2.1.	Factibilidad del proyecto . . . . .	37
3.3.	Diseño de Detalle . . . . .	38
3.3.1.	Revisión Crítica de Estudio de Factibilidad . . . . .	38
3.3.2.	Estudios en Terreno . . . . .	39
3.4.	Disposición Final de obras . . . . .	40
3.4.1.	Tamaño del embalse . . . . .	40
3.4.2.	Ubicación de la presa . . . . .	41
3.4.3.	Obras de desvío del río . . . . .	41
3.4.4.	Muro de Presa . . . . .	43
3.4.5.	Obras de Evacuación de crecidas . . . . .	45
3.4.6.	Obras de Entrega a riego y descarga de fondo . . . . .	45
3.4.7.	Central Hidroeléctrica . . . . .	49
<b>4.</b>	<b>Análisis de Sustentabilidad del Proyecto Punilla</b>	<b>50</b>
4.1.	Cuenca del Río Itata . . . . .	50
4.2.	Marco de Referencia Estratégico . . . . .	52
4.3.	Situación actual de proyectos en la comuna de San Fabián de Alico . . . . .	53
4.4.	Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Punilla . . . . .	54
4.4.1.	Estudio de Impacto Ambiental . . . . .	54
4.4.2.	Análisis de Adendas . . . . .	58
4.5.	Análisis del proyecto por ENVISION . . . . .	63
4.6.	Análisis de Gestión Socio-Cultural . . . . .	65
4.6.1.	Levantamiento componente Social . . . . .	65
4.6.2.	Conflicto Socio-ambiental proyecto Punilla . . . . .	68
4.6.3.	Levantamiento en terreno de la problemática . . . . .	71
4.6.3.1.	Junta de Vigilancia del Río Ñuble . . . . .	71
4.6.3.2.	Movimiento Social en Defensa del Río Ñuble . . . . .	73
4.6.3.3.	ONG Defensa Ambiental . . . . .	74
4.6.4.	Análisis comparativo del proyecto y estándares . . . . .	76
4.6.4.1.	Participación Ciudadana . . . . .	76
4.6.4.2.	Reasentamiento involuntario . . . . .	79
4.6.4.3.	Principios y Lineamientos de Hidroelectricidad Sustentable . . . . .	82
4.6.5.	Propuesta de mejora en gestión socio-cultural . . . . .	84
4.7.	Comentarios Finales sobre Sustentabilidad . . . . .	85
<b>5.</b>	<b>Estándar de Diseño del proyecto</b>	<b>87</b>
5.1.	Revisión de Expertos del proyecto Punilla . . . . .	89
5.1.1.	Panel de Expertos . . . . .	89
5.1.2.	Asesoría Sr. Bayardo Materón . . . . .	90
5.2.	Revisión Embalse Punilla - Criterios ICOLD . . . . .	93
5.3.	Análisis de Estabilidad . . . . .	98
5.3.1.	Parámetros de resistencia . . . . .	98
5.3.2.	Análisis Estático de la presa Punilla . . . . .	98
5.3.3.	Análisis Dinámico de la presa Punilla . . . . .	100
5.3.4.	Comportamiento pantalla de hormigón . . . . .	102
5.4.	Comentarios Finales sobre Estándar de Diseño . . . . .	105

<b>6. Gestión Contractual</b>	<b>108</b>
6.1. Antecedentes sobre Licitación y Adjudicación del Proyecto . . . . .	108
6.2. Auditoría de Controlaría a contrato de Embalse La Punilla . . . . .	109
6.2.1. Aspectos de Control Interno . . . . .	110
6.2.2. Contrato Embalse Punilla . . . . .	110
6.3. Auditoría de Contraloría a multas aplicadas a Sociedades Concesionarias . .	111
6.3.1. Concesión Embalse Punilla . . . . .	113
6.4. Discrepancia por efectos derivados de la menor capacidad de almacenamiento del Embalse Punilla . . . . .	113
6.5. Comentarios Finales sobre Gestión Contractual . . . . .	117
<b>7. Planificación de Construcción del proyecto</b>	<b>119</b>
7.1. Programa de Trabajo de Astaldi . . . . .	119
7.1.1. Ruta Crítica . . . . .	121
7.1.2. Impactos en la Planificación propuesta . . . . .	122
<b>8. Conclusiones</b>	<b>125</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>129</b>
<b>Anexo A. Propuesta de principios y criterios de sustentabilidad para la in- dustria hidroeléctrica</b>	<b>132</b>
<b>Anexo B. Tabla de análisis de Participación Ciudadana</b>	<b>138</b>
<b>Anexo C. Estrategia Constructiva</b>	<b>143</b>
C.1. Muro de Presa . . . . .	143
C.1.1. Relleno Masivo . . . . .	143
C.1.2. Plintos . . . . .	144
C.1.3. Cortina de Inyecciones . . . . .	146
C.2. Pantalla de Hormigón . . . . .	147
C.3. Comentarios sobre Estrategia Constructiva . . . . .	150
<b>Anexo D. Programa modificado con impactos en la planificación propuesta</b>	<b>152</b>

# Índice de Tablas

2.1.	Centrales Hidroeléctricas de Embalse en operación en el SEN. Fuente: CNE (2021).	15
2.2.	Centrales Hidroeléctricas de Pasada en operación en el SEN. Fuente: CNE (2021).	16
2.3.	Proyectos Hidroeléctricos declarados en construcción. Fuente: Energía Abierta (2021).	17
2.4.	Presas más grandes en Chile. Fuente: Elaboración propia a partir de Instituto de Ingenieros de Chile (2010).	24
2.5.	Cartera de proyectos del Plan Nacional de Embalses. Fuente: Modificado de MOP (2018).	26
3.1.	Características de túneles de desvío. Fuente: EDIC (2004).	42
4.1.	Cuencas y Subcuencas del Río Itata. Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2014).	51
4.2.	Calificación de atributos para definir la VAE. Fuente: Kaliski (2003).	55
4.3.	Nº de hogares de allegados y propietarios residentes afectados a relocalización. Fuente: MOP (2015).	66
4.4.	Costos reales en materia de reasentamiento en proyectos del BID. Fuente: BID (2019).	81
4.5.	Costos estimados en materia de reasentamiento en el proyecto Punilla. Fuente: BALI (2014).	81
5.1.	Comparación de costos en el tipo de presa. Fuente: EDIC (2004).	88
5.2.	Disposición final de Rellenos de la presa. Fuente: Basso (2019).	95
5.3.	Parámetros de resistencia utilizados en Punilla y otras presas chilenas. Fuente: EDIC (2004).	98
5.4.	Casos estudiados. Fuente: Catalano et al. (2018).	103
6.1.	Antecedentes de contrato de licitación del embalse Punilla. Fuente: BALI (2014).	109

# Índice de Ilustraciones

2.1.	Capacidad instalada neta por energía. Fuente: CNE (2021). . . . .	5
2.2.	Escenarios de proyección de demanda eléctrica. Fuente: CCE (2015). . . . .	7
2.3.	Escenarios de proyección de generación eléctrica. Fuente: CCE (2015). . . . .	8
2.4.	Demanda eléctrica al año 2060. Fuente: Ministerio de Energía (2021). . . . .	9
2.5.	Generación Anual Proyectada al año 2060. Fuente: Ministerio de Energía (2021).	10
2.6.	Central Hidroeléctrica de Pasada. Fuente: Sistemas de la Energía (2012). . . . .	11
2.7.	Central Hidroeléctrica de Embalse. Fuente: Sistemas de la Energía (2012). . . . .	12
2.8.	Generación eléctrica de bajo carbono por tecnología y participación el año 2020 a nivel mundial. Fuente: Reporte IEA (2021). . . . .	13
2.9.	Flexibilidad del sistema global de energía por fuente. Fuente: Reporte IEA (2021). . . . .	14
2.10.	Variación de caudales para el mes de Junio respecto al promedio histórico del mismo mes. Fuente: DGA (2021). . . . .	18
2.11.	Anomalía porcentual de precipitación total anual en Chile continental respecto al promedio 1961-1990. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile (2021). . . . .	19
2.12.	Principales Embalse construidos entre 1950 y 1980. Fuente: Elaboración Propia a partir de Instituto de Ingenieros (2010). . . . .	21
2.13.	Embalses y centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Maule. . . . .	22
2.14.	Embalse Puclaro. Fuente: MOP. . . . .	23
2.15.	Central Pangue. Fuente: Enel. . . . .	23
2.16.	Central Ralco. Fuente: Enel. . . . .	23
2.17.	Volumen de agua embalsada al año 2010 y proyección al año 2020. (Millones de $m^3$ por año). Fuente: MOP (2010). . . . .	24
2.18.	Volumen de agua embalsada al año 2018 y proyección al año 2020. (Millones de $m^3$ por año). Fuente: MOP (2018). . . . .	25
2.19.	Potencial de generación hidroeléctrica futura en cuencas Maule, Biobio y Toltén. Fuente: Ministerio de Energía (2016). . . . .	27
2.20.	Principios y criterios de Sustentabilidad. Fuente: Rubik Sustentabilidad (2017).	33
3.1.	Ubicación del Embalse y Central Punilla. Fuente: EIA (2004). . . . .	34
3.2.	Vista en planta de las obras. Fuente: Astaldi (2015). . . . .	35
3.3.	Levantamientos Zona de Presa. Fuente: EDIC (2004). . . . .	39
3.4.	Perfiles Topobatimétricos en zona de presa y aguas abajo. Fuente: EDIC (2004).	39
3.5.	Modelo 3D de excavaciones para los portales. Fuente: Astaldi (2015). . . . .	42
3.6.	Sección Transversal Presa Punilla. Fuente: Astaldi (2015). . . . .	44
3.7.	Vista en planta de evacuador de crecidas. Fuente: Astaldi (2015). . . . .	45
3.8.	Vista en planta de zona del tapón de hormigón y caverna de válvulas. Fuente: Astaldi (2015). . . . .	47

3.9.	Vista en planta de las obras de entrega a riego y generación eléctrica. Fuente: Astaldi (2015).	48
4.1.	Cuenca y Subcuencas del Río Itata. Fuente: DGA (2014).	51
4.2.	Descripción de los factores de ponderación del VAE. Fuente: Kaliski (2003).	56
4.3.	ICA más alto para cada Factor Ambiental. Fuente: Elaboración propia a partir de EIA (2004).	57
4.4.	Análisis de respuestas contenidas en la Adenda N°1. Fuente: Elaboración propia.	59
4.5.	Análisis de respuestas contenidas en la Adenda N°2. Fuente: Elaboración propia.	60
4.6.	Análisis de respuestas contenidas en la Adenda N°3. Fuente: Elaboración propia.	61
4.7.	Resumen de los resultados de la evaluación. Fuente: Zofnass (2018).	63
4.8.	Temas de Interés Afectados. Fuente: Estudio Específico Medio Social (2004).	66
4.9.	Sinergia de impactos de proyectos Hidroeléctricos en la comuna de San Fabián. Fuente: ONG Defensa Ambiental (2021).	75
4.10.	Relación entre empresa comunidad y estado. Elaboración propia a partir de Ministerio de Energía (2017).	76
4.11.	Acciones a realizar previo ingreso al SEIA. Fuente: Elaboración propia.	78
5.1.	Modificaciones a la zonificación por panel de expertos. Fuente: Elaboración propia a partir de EDIC (2004).	90
5.2.	Esquemas de Bordillo extruido y Parapeto. Fuente: EDIC (2004).	92
5.3.	Sección típica de CFRDs en regiones sísmicas. Fuente: Materón y Fernandez (2011).	93
5.4.	Sección típica actual de CFRDs en regiones sísmicas. Fuente: Materón et al. (2015).	94
5.5.	Sección típica actualizada para el muro de presa del proyecto Punilla. Fuente: Basso (2019).	94
5.6.	Esquema de Junta perimetral Central Chaglla. Fuente: Materón (2015a).	97
5.7.	Modelo de embalse Punilla en FLAC3D. Fuente: Basso (2019).	99
5.8.	Resultados de Análisis Estático en FLAC3D. Fuente: Basso (2019).	100
5.9.	Espectros de aceleración (izquierda) y tiempo-historia (derecha) de los dos acelerogramas utilizados en el análisis (MCE nivel). Fuente: Catalano et al. (2018).	101
5.10.	Resultados de Análisis Dinámico en FLAC3D. Fuente: Catalano et al. (2018).	102
5.11.	Tensión en la losa para un terremoto MCE y un embalse lleno. Fuente: Catalano et al. (2018).	103
5.12.	Tensiones de tracción en función de los desplazamientos horizontales para los casos analizados. Fuente: Catalano et al. (2018).	104
5.13.	Esquema de esfuerzos en losa de hormigón. Fuente: Catalano et al. (2018).	104
5.14.	Sección transversal presa Chaglla. Fuente: Materón et al. (2015).	106
5.15.	Diagrama de ubicación de juntas horizontales. Fuente: Ma y Chi (2016).	106
6.1.	División geométrica de la capacidad de la cubeta. Fuente: MOP (2019).	114
7.1.	Etapas de Ingeniería de detalles. Fuente: Elaboración propia con base en Astaldi (2015).	120
7.2.	Programa general del proyecto Punilla. Fuente: Elaboración propia.	121
7.3.	Variaciones de fin de proceso. Fuente: Elaboración propia con base en Astaldi (2015).	124
C.1.	Etapas de relleno masivo. Fuente: Astaldi (2015).	144

C.2.	Imágenes del modelo 3D de las excavaciones de los plintos. Fuente: Astaldi (2015). . . . .	145
C.3.	Construcción del plinto. Fuente: Astaldi (2015). . . . .	145
C.4.	Construcción del Bordillo Extruido. Fuente: Astaldi (2015). . . . .	146
C.5.	Esquema de inyecciones. Fuente: Astaldi (2015). . . . .	146
C.6.	Hormigonada de la pantalla de presa. Fuente: Astaldi (2015). . . . .	148
C.7.	Carro transporte de mallas de acero de refuerzo. Fuente: Astaldi (2015). . . .	148
C.8.	Hormigonado pantalla presa con formaleta deslizante. Fuente: Astaldi (2015). . . .	149

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Introducción y Motivación

El problema de escasez hídrica ha suscitado gran interés investigativo en los últimos años debido a el estrés hídrico que se presenta a lo largo de gran parte del territorio nacional. El aumento de temperaturas y déficit precipitacional, consecuencia directa del cambio climático, sumado al aumento continuo de la demanda antrópica de agua, sitúa en estado de crisis a los recursos hídricos del país. Según el MOP, al 25 de noviembre de 2021, hay 184 comunas de las regiones de Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule, Los Ríos y Los Lagos las cuales se encuentran con declaración de escasez hídrica, que equivalen al 53 % del total nacional. La población de estas zonas llega a 8 millones 250 mil habitantes, que representa al 47 % del país. Surge entonces, la necesidad de establecer una seguridad hídrica para los territorios por medio de un manejo integral de cuencas, en el cual la implementación de un embalse permite almacenar el agua para así disponer del recurso en épocas de escasez. Por otra parte, se tiene la creciente demanda de energía eléctrica que impone la necesidad de encontrar nuevas fuentes de energía con el menor impacto ambiental posible, y sujetas al plan de descarbonización de la matriz de generación. Pero, debido a que las energías renovables no convencionales no dotan de la capacidad de generación eléctrica necesaria para abastecer esta demanda, la implementación de una central hidroeléctrica de embalse surge como la opción prevalente para dar frente a estas dos problemáticas socioambientales, y a su vez, promover el desarrollo agrícola y económico del sector. Esto resulta fundamental para comprender la necesidad de implementación del Embalse y Central Hidroeléctrica Punilla, un embalse multipropósito perteneciente al Plan Nacional de Embalses, que está emplazado en la Región del Ñuble, 30 km aguas arriba de la localidad de San Fabián de Alicó.

La construcción de proyectos de esta envergadura conllevan a un gran impacto ambiental, lo que en conjunto a gestiones insuficientes por parte del estado y la Industria generadora, posiciona actualmente a estos proyectos en un amplio rechazo ciudadano. Por esto, resulta interesante evaluar el actual modelo de Estudio de Impacto Ambiental y generar un análisis comparativo respecto a Estándares Internacionales, para detectar aquellos ejes que puedan estar propensos a mejora y así contribuir a un mayor éxito en la gestión socioambiental. Además, los hechos ocurridos en el desarrollo del proyecto como el desalojo forzoso de algunos afectados a relocalización por el desacuerdo en las medidas del Plan de Desarrollo Social y la demanda interpuesta en el Tribunal Ambiental, resalta la necesidad de estudiar los procedimientos llevados a cabo por las instituciones involucradas y promover soluciones

integrales respecto a la problemática que envuelve a esta obra, para así, situar a las centrales hidroeléctricas y embalses como una opción sustentable y con mejor aceptación por parte de la ciudadanía, para enfrentar la creciente demanda de energía eléctrica y la crisis hídrica que afecta al país.

Finalmente, esta obra de Ingeniería Civil requiere del análisis de su constructibilidad<sup>1</sup>, lo que implica realizar una verificación del estándar de diseño, métodos constructivos, planificación y control del proyecto, y su gestión contractual. La experiencia recabada a lo largo de los años en la construcción de embalses y centrales hidroeléctricas ha dado estándares mínimos para la materialización efectiva de este tipo de obras, aunque es sabido que el diseño de cada proyecto es único y particular, por ende, requiere de un análisis exhaustivo en sus distintas fases de Ingeniería. Es por esto, que analizar los múltiples procesos involucrados en la construcción de la obra con el detalle necesario para que sean ejecutados en forma óptima y eficiente, determina la calidad, plazos y costos de la obra en su totalidad. Este análisis de constructibilidad se acrecienta, dada la situación del proyecto, que durante la realización de este trabajo, tuvo paralizada sus obras de construcción por el quiebre en las relaciones entre la Sociedad Concesionaria Aguas de Punilla S.A. (Astaldi S.A.) y el Ministerio de Obras Públicas, luego que se detectara, en los estudios de actualización de Ingeniería de Detalles, que la capacidad del embalse es  $61,1 \text{ hm}^3$  menor. Esto derivó en última instancia en una demanda de extinción de contrato la cual fue resuelta a fines de Agosto del año 2021. El proyecto será relicitado y al 27 de Diciembre de 2021, son 18 las empresas que han comprado las BALI del proyecto “Embalse Nueva La Punilla”, que respecto al primer proceso de licitación, actualiza la real capacidad del embalse.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. General

Con la presente investigación, se busca contribuir en esta materia aportando una comprensión ampliada sobre la materialización de proyectos de embalse con fines hidroeléctricos, abordando los procesos implicados desde su gestación hasta la planificación y construcción de la obra.

### 1.2.2. Específicos

Para la materialización del objetivo general, el trabajo a realizar busca:

- Analizar el Estudio de Impacto ambiental (EIA) y sus limitaciones;
- Analizar estándares y normativas internacionales respecto a la construcción de Centrales Hidroeléctricas de Embalse y comparar con el EIA aplicado al proyecto;
- Estudiar el estándar de diseño y comparar el proyecto respecto al estado del arte en presas CFRD;

<sup>1</sup> Constructibilidad: concepto relacionado con la gestión que involucra a todas las etapas del proyecto y que, por tanto, depende tanto de los proyectistas, de los gestores del proyecto y de los constructores (Yepes, 2019).

- Estudiar los procesos constructivos y su interrelación en los proyectos de presas del tipo CFRD;
- Analizar la Planificación y Control de la obra;
- Analizar la Gestión contractual.

En consideración de lo anterior, este trabajo busca:

- Proponer soluciones, bajo los conceptos de sustentabilidad, a las limitaciones del estudio de impacto ambiental y como estas conllevaron a la actual crisis de relaciones con las comunidades;
- Realizar un análisis comparativo entre los nuevos criterios técnicos usados en presas CFRD y los usados en el proyecto Punilla, y proponer actualizaciones en las obras que cuenten con nuevos hallazgos;
- Concluir sobre efectividad de planificación de la obra y generar propuestas de optimización;
- Ofrecer propuestas de solución a los incumplimientos de estándares que se detecten en las fases de diseño, planificación y gestión del proyecto; que llevaron a un actual quiebre de relaciones entre Astaldi S.A. y el MOP.

### **1.3. Metodología**

Para el cumplimiento de los objetivos y alcances de este trabajo de título se sigue la siguiente metodología.

#### **1.3.1. Análisis de Sustentabilidad del proyecto Punilla**

En primer lugar, se realiza el análisis de sustentabilidad del proyecto Punilla. Para ello, se plantea una revisión de mayor a menor escala al marco de referencia estratégico en torno al proyecto y la zona de emplazamiento, es decir, planes nacionales, regionales y comunales, para finalizar con los estudios de impacto ambiental, sus adendas, su resolución de calificación ambiental y todos los hechos ocurridos hasta la fecha respecto a la gestión de los impactos socio-ambientales del proyecto. A partir de esta revisión, se realiza un análisis crítico y comparativo de la gestión Socio-cultural y Ambiental, respecto a lo que plantean los estándares de sustentabilidad y las mesas participativas de hidroelectricidad sustentable. Además, se realizan entrevistas a Organizaciones No Gubernamentales (ONG) afectadas directamente por el proyecto para así conocer su visión y propuestas. Finalmente, con la información recabada y los resultados del análisis, se elabora una propuesta de mejora para las gestiones socio-ambientales.

#### **1.3.2. Estándar de Diseño**

Se efectúa una revisión de la bibliografía y el estado del arte de las presas CFRD, para realizar un análisis comparativo entre los criterios técnicos utilizados en proyectos recientes y el diseño del proyecto Punilla, para así, plantear propuestas de optimización.

### **1.3.3. Gestión Contractual**

Se revisa documentación asociada a auditorías efectuadas por la Contraloría General de la República a contratos de concesión y en específico al contrato del proyecto Punilla. Además, se analiza la discrepancia entre la Sociedad Concesionaria y el MOP respecto a la menor capacidad detectada en el proceso de actualización de la Ingeniería de Detalles.

### **1.3.4. Construcción y Planificación del proyecto**

Respecto a los procesos constructivos del proyecto y la planificación presentada por Astaldi (2015), se realiza una estimación de los impactos en la programación de la obra de los hitos que han ocurrido durante el desarrollo del proyecto. En cuanto a la estrategia constructiva presentada por Astaldi, se revisa si esta es concordante con la experiencia internacional.

# Capítulo 2

## Marco Teórico

### 2.1. Contexto Energético en Chile

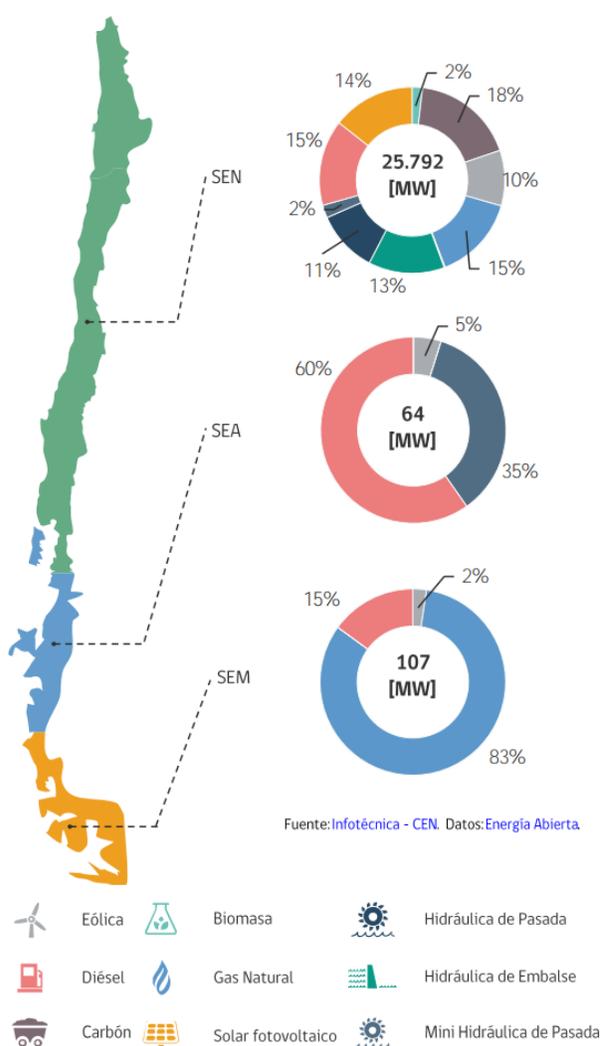


Figura 2.1: Capacidad instalada neta por energía. Fuente: CNE (2021).

En Chile, a Junio de 2021, existe una capacidad neta de generación eléctrica de 25.963 MW. De éstos, 25.792 MW (99,3 %) corresponden al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y, 171 MW (0,7 %) al Sistema Eléctrico de Aysén (SEA) y Magallanes (SEM). La Figura 2.1 muestra la capacidad instalada neta de cada sistema y el aporte de cada tecnología.

Se extrae de la Figura 2.1 que la matriz energética sustenta su generación en la industria termoeléctrica con una capacidad de 47,9 % en termoelectricidad (Carbón, Diésel y Gas Natural), 23,9 % en hidroelectricidad y 28,2 % en ERNC. Esta industria termoeléctrica utiliza combustibles fósiles, los cuales en el proceso de transformación a energía eléctrica resultan en emisiones de gases altamente contaminantes. Es por ello, que la política energética chilena en los últimos años se ha orientado hacia la generación con fuentes renovables y limpias, que permitan alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones de las mismas. A partir de la década de 1990, se comienza a integrar los conceptos de sustentabilidad y equidad a esta política, al adquirir relevancia factores como la problemática medioambiental, el aprovechamiento óptimo de la energía y las energías renovables.

El documento de la Comisión Nacional de Energía CNE “Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad” publicado el año 2008, da cuenta de la necesidad de contar con una Política Energética de largo plazo con carácter de política de Estado que integre a diferentes sectores y que posea un enfoque sistémico. Luego, en el año 2010 se crea la Ley N°20.417, la cual modifica la ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, incorporando la creación del Ministerio Medio Ambiente (MMA), el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). Además, se incorporan conceptos como Cambio Climático, Evaluación Ambiental Estratégica y Desarrollo sustentable, lo cual comienza a instaurar la necesidad de establecer un desarrollo verde a nivel país. En el año 2016, por medio del Decreto 148 del Ministerio de Energía, se aprueba la Política Nacional de Energía, la cual establece los lineamientos a seguir en el corto y largo plazo para garantizar la factibilidad técnica y sustentabilidad de la matriz energética, con horizontes temporales al año 2035 y 2050. Este decreto, culmina un proceso de trabajo participativo en donde se recogió el aporte de diversos actores sociales involucrados al sector de la energía, tanto de producción como de uso, formando el Comité Consultivo de Energía (CCE) 2050<sup>1</sup>, el cual entregó una visión compartida para el desarrollo futuro del sector energético; visión que cuenta con validación social, política y técnica.

### **2.1.1. Hoja De Ruta 2050**

La Hoja de Ruta 2050: Hacia una Energía Sustentable e Inclusiva, elaborada por el CCE 2050 en el marco del Proceso de Planificación Participativa de la Política Energética, recopila los lineamientos para el sector energético en el mediano y largo plazo. Estos lineamientos consideran seis atributos esenciales:

- Compatibilidad con el medio ambiente y comunidades;
- Acceso universal y equitativo;
- Condición esencial para el desarrollo;
- Oportunidad para la innovación;
- Producción y consumo eficiente;
- Seguridad energética.

Bajo esta visión global y sustentable se elabora la política energética del país, la cual establece que al menos un 70 % de la matriz eléctrica al 2050 debe provenir de fuentes renovables, con énfasis en energía solar y eólica, complementadas con nuevos desarrollos hidroeléctricos con capacidad de regulación que permitan alcanzar esta meta. Este desarrollo energético debe avanzar a una infraestructura que sea compatible con los territorios en donde se inserta, minimizando los impactos sociales y ambientales. La Hoja de Ruta plantea estrategias concretas para abordar los desafíos de la gestión territorial, la relación con las comunidades y la pobreza energética (Comité Consultivo de Energía, 2015).

<sup>1</sup> Comité liderado por el Ministro de Energía y compuesto por 27 actores claves del sector, a nivel nacional y regional, incluyendo representantes de ministerios e instituciones públicas, gremios, sociedad civil y destacados académicos.

## Proyección de la Hidroelectricidad

La hidroelectricidad surge como una fuente relevante en todos los escenarios analizados. Contar con una mayor presencia de fuentes de generación con capacidad de regulación será fundamental para habilitar una mayor penetración de fuentes intermitentes, agregando flexibilidad al sistema, minimizando emisiones y costos económicos. Actualmente en Chile, la principal fuente de generación con estos atributos es la hidroelectricidad. Los modelos muestran un rango de penetración posible entre 6-8 GW de capacidad hidroeléctrica adicional, cuyo potencial bruto hidroeléctrico corresponde a 16,32 GW (Comité Consultivo de Energía, 2015). Esta capacidad adicional no será posible de desarrollar sin una mejora creciente en los estándares de sustentabilidad dado el actual estado de pausa de proyectos hidroeléctricos, consecuencia de una serie de factores entre los que destaca el rechazo generalizado de la ciudadanía y la irrupción de la generación eólica y solar, que con sus bajos costos en comparativa a la inversión hidroeléctrica, se han situado en mayor medida en el mercado de generación.

Respecto a la demanda proyectada hacia el año 2050, la Figura 2.2 muestra los distintos tipos de escenarios de crecimiento: i) proyección de la Línea Base del año 2013 (LB2013 PIB), ii) escenario de demanda eléctrica bajo medidas de eficiencia energética (Esfuerzo alto) y, iii) escenario de potencial electrificación del sistema energético. Se aprecia en la Figura, que en el escenario de mayor demanda eléctrica (LB2013 PIB Alto), la demanda máxima sería aproximadamente 200.000 GWh.



Figura 2.2: Escenarios de proyección de demanda eléctrica. Fuente: CCE (2015).

A partir de esta demanda proyectada, se efectúa una evaluación de las matrices energéticas al año 2050. En todos los escenarios, la hidroelectricidad ocupa un rol importante variando su participación en la generación entre un 24 % y un 36 %. La Figura 2.3 muestra los escenarios de proyección de la generación elaborados bajo los lineamientos estratégicos.

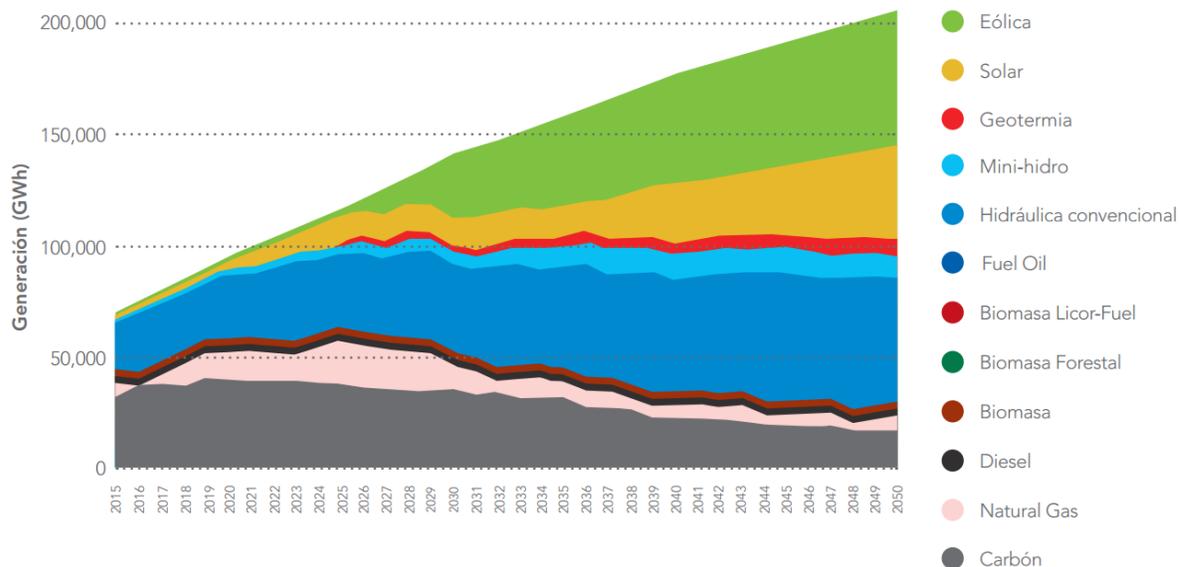


Figura 2.3: Escenarios de proyección de generación eléctrica. Fuente: CCE (2015).

Entre la principales conclusiones que se obtienen de este estudio de simulación se encuentran:

- La máxima participación de generación solar y eólica que es posible instalar en Chile sin implementar manejo inteligente de la demanda ni instalar tecnologías de almacenamiento, es de aproximadamente 41 % (19 % solar y 23 % viento).
- En este escenario, el 29 % restante y necesario para cumplir con la meta de un 70 % de energía renovable podría provenir de centrales hidráulicas mini-hidro, pasada y/o embalse (tecnología probada y con amplio potencial), instalando 8 GW adicionales a los 6 GW existentes.
- La hidroelectricidad es necesaria, tanto para cumplir la cuota como para entregar flexibilidad al sistema, y así, gestionar la intermitencia de la generación solar y eólica.

### 2.1.2. Planificación Energética de Largo Plazo 2023-2027

En agosto del año 2021, el Ministerio de Energía publica el informe preliminar de la Planificación Energética de Largo Plazo (PELP) 2023-2027 definido en el artículo N°84 de la Ley General de Servicios Eléctricos (2016). La PELP tiene por objetivo proyectar la demanda y oferta energética del país para distintos escenarios futuros, en un horizonte de al menos 30 años, de forma que sean considerados en el proceso de planificación de los sistemas de transmisión eléctrica que lleva a cabo la Comisión Nacional de Energía. Además, anualmente se actualizan las proyecciones de demanda y oferta energética considerando actualizaciones a partir de variables macroeconómicas, costos y desarrollo de nuevas tecnologías, y otros de diversa naturaleza (Ministerio de Energía, 2021). Los escenarios energéticos proyectados en la PELP 2023-2027 corresponden a: *Recuperación Lenta Post Covid (Recuperación)*, *Rumbo a la Carbono Neutralidad al 2050 (Carbono Neutralidad)* y *Acelerando la Transición Energética (Transición Acelerada)*.

La Figura 2.4 y Figura 2.5 presentan la proyección al año 2060 por tecnología, de la demanda y la generación eléctrica, respectivamente.

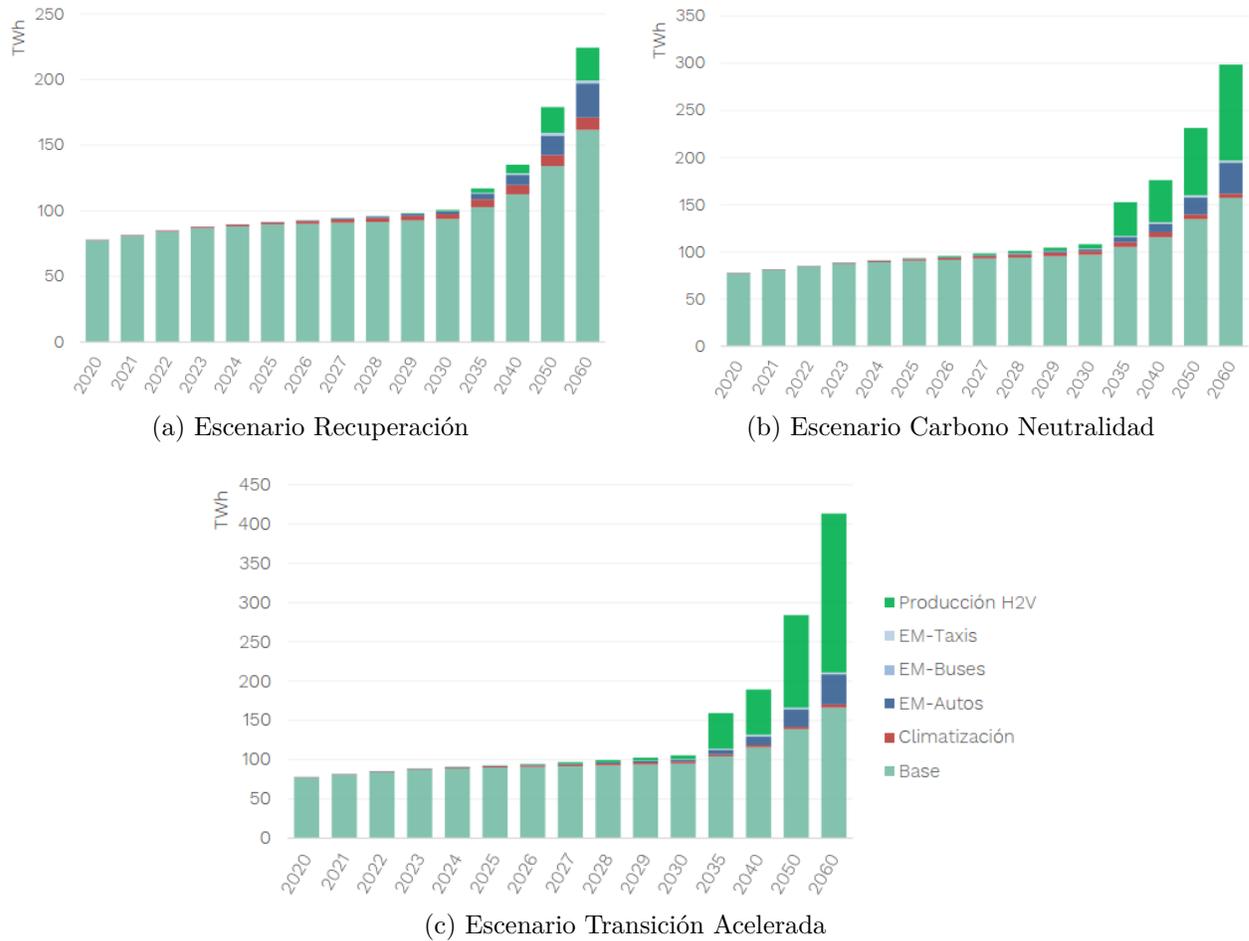
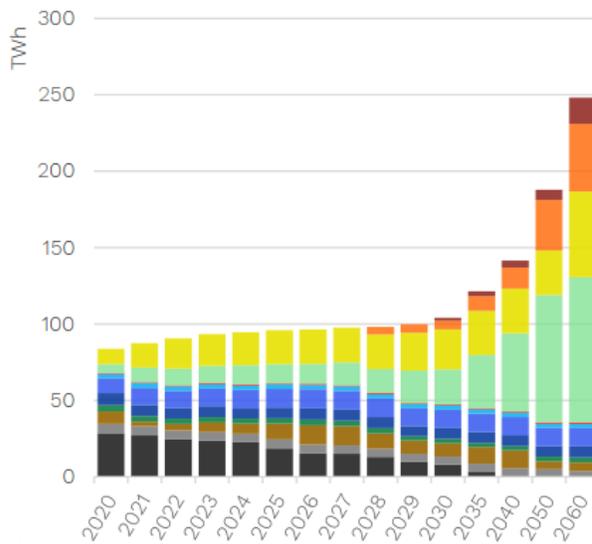


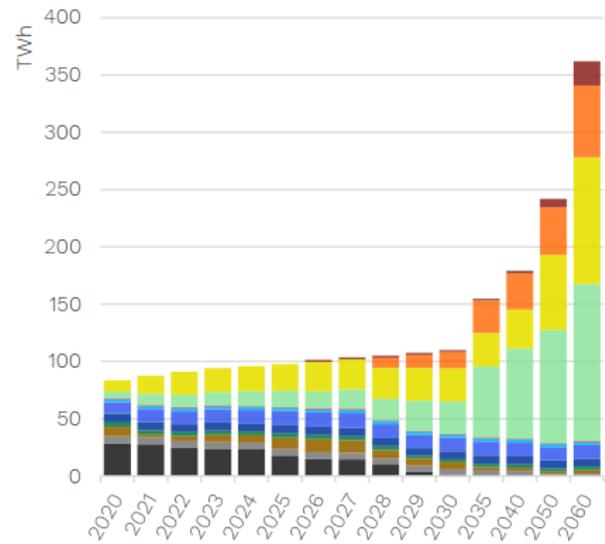
Figura 2.4: Demanda eléctrica al año 2060. Fuente: Ministerio de Energía (2021).

Se aprecia en la Figura 2.4 que la proyección de la demanda contempla un crecimiento sostenido durante la década actual, influenciada por los consumos históricos. No obstante, a finales de la década comienza a visualizarse la irrupción de nuevos consumos eléctricos que promueven la meta de carbono neutralidad: climatización eléctrica (considerando previamente reacondicionamiento térmico en viviendas existentes), electromovilidad y producción de hidrógeno verde (Ministerio de Energía, 2021).

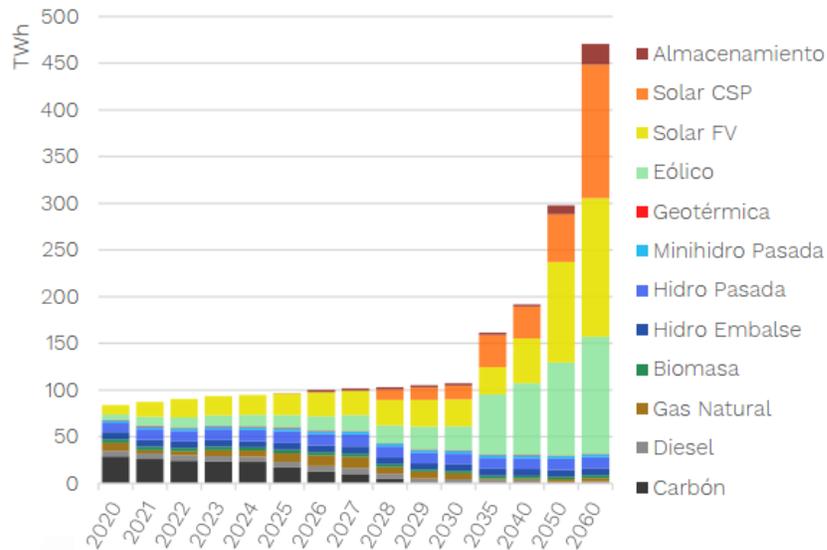
Además, se señala en la PELP que la capacidad instalada del SEN continúa incorporando energías renovables a su matriz, principalmente energías solares y eólicas. Sin perjuicio de lo anterior, el almacenamiento y energías gestionables toman mayor preponderancia toda vez que se va retirando el carbón e ingresan más energías renovables variables. En particular, sobre los 7.000 MW, la energía solar fotovoltaica necesita fuentes de almacenamiento para seguir creciendo y alcanzar los límites impuestos por la demanda máxima instantánea. Por ello, entre mediados y fines de esta década, el almacenamiento y la energía gestionable pasan a ser una pieza fundamental en el crecimiento de la matriz renovable (Ministerio de Energía, 2021).



(a) Escenario Recuperación



(b) Escenario Carbono Neutralidad



(c) Escenario Transición Acelerada

Figura 2.5: Generación Anual Proyectada al año 2060. Fuente: Ministerio de Energía (2021).

A partir de la Figura 2.5, se identifica cómo el retiro de centrales a carbón cercano a fines de esta década e inicios de la próxima, unido a una baja disponibilidad de recurso hídrico, fomentan de forma anticipada -respecto a proyecciones anteriores de la PELP- la inserción de tecnologías de almacenamiento y fuentes renovables variables.

Además, se señala en la PELP que el gas natural y las energías hidroeléctricas toman un rol importante, operando de forma complementaria. El gas continúa operando continuamente, y apoyan a los embalses en los momentos de mayor demanda y menor generación solar fotovoltaica. Además, se vislumbra una complementariedad estacional que puede requerir aún más de gas natural frente a condiciones de mayor sequía en el futuro (Ministerio de Energía, 2021).

## 2.2. Hidroelectricidad

En esta sección se presentan los tipos de centrales hidroeléctricas y el contexto internacional y nacional de la hidroelectricidad.

### 2.2.1. Centrales Hidroeléctricas

Las Centrales Hidroeléctricas son instalaciones que generan electricidad renovable, transformando la energía potencial del agua en energía eléctrica por medio de turbinas acopladas a los alternadores. A continuación, se presentan los 2 tipos de centrales hidroeléctricas que operan actualmente en Chile.

#### 2.2.1.1. Centrales de Pasada

Son aquellas instalaciones que utilizan el flujo del agua a través de un río o canal. Este tipo de centrales proporcionan un suministro continuo de electricidad para demanda de energía base y no puede almacenar reservas para ajustar generación a la demanda (World Energy Resources, 2016). La Figura 2.6 muestra el esquema de operación de una Central Hidroeléctrica de este tipo. El agua captada en la bocatoma (1) es conducida a la casa de máquinas (7) a través de un sistema de aducción que puede ser de tubería, túnel y/o canal, donde se genera la energía eléctrica. Posteriormente el agua es devuelta íntegramente al cauce del río. Cabe destacar que existe una subclasificación de centrales de este tipo, estas se denominan Centrales Run of River, las cuales, corresponden a centrales de pasada que no desvían el caudal del río por aducciones artificiales fuera de su cauce natural, pero si disponen de una barrera la cual forma una laguna.

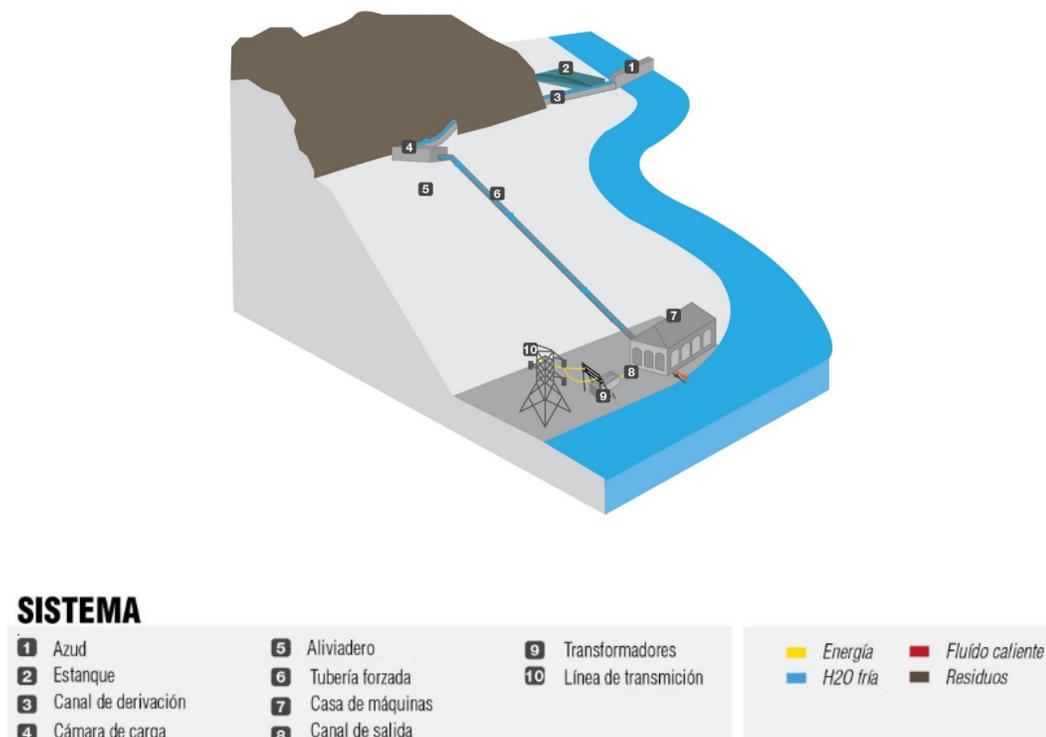


Figura 2.6: Central Hidroeléctrica de Pasada. Fuente: Sistemas de la Energía (2012).

### 2.2.1.2. Centrales de Embalse

Instalación que utiliza un embalse para almacenar el agua y luego liberarla para producir electricidad según requerimientos del sistema. La Figura 2.7 muestra el esquema de operación de una Central Hidroeléctrica de este tipo. Esta consta de un muro de presa (5), que en función de la zona de emplazamiento posee distinta materialidad; obras de toma (2) que captan las aguas hacia las obras de aducción (tubería o túnel), las cuales conducen las aguas hasta la Caverna o Casa de Máquinas (6), donde se alojan las turbinas (8) que transforman la energía mecánica a eléctrica. Esta central puede generar electricidad para satisfacer demanda de energía base, así como también funcionar ajustada a las variaciones en la demanda. Ejemplos de este tipo de central son los expuestos en la sección 2.3.3. Por otra parte, el proyecto Punilla corresponde a este tipo de central, por lo cual en el Capítulo 3 se presenta en mayor detalle las obras de una central de embalse referenciadas a este proyecto en particular.

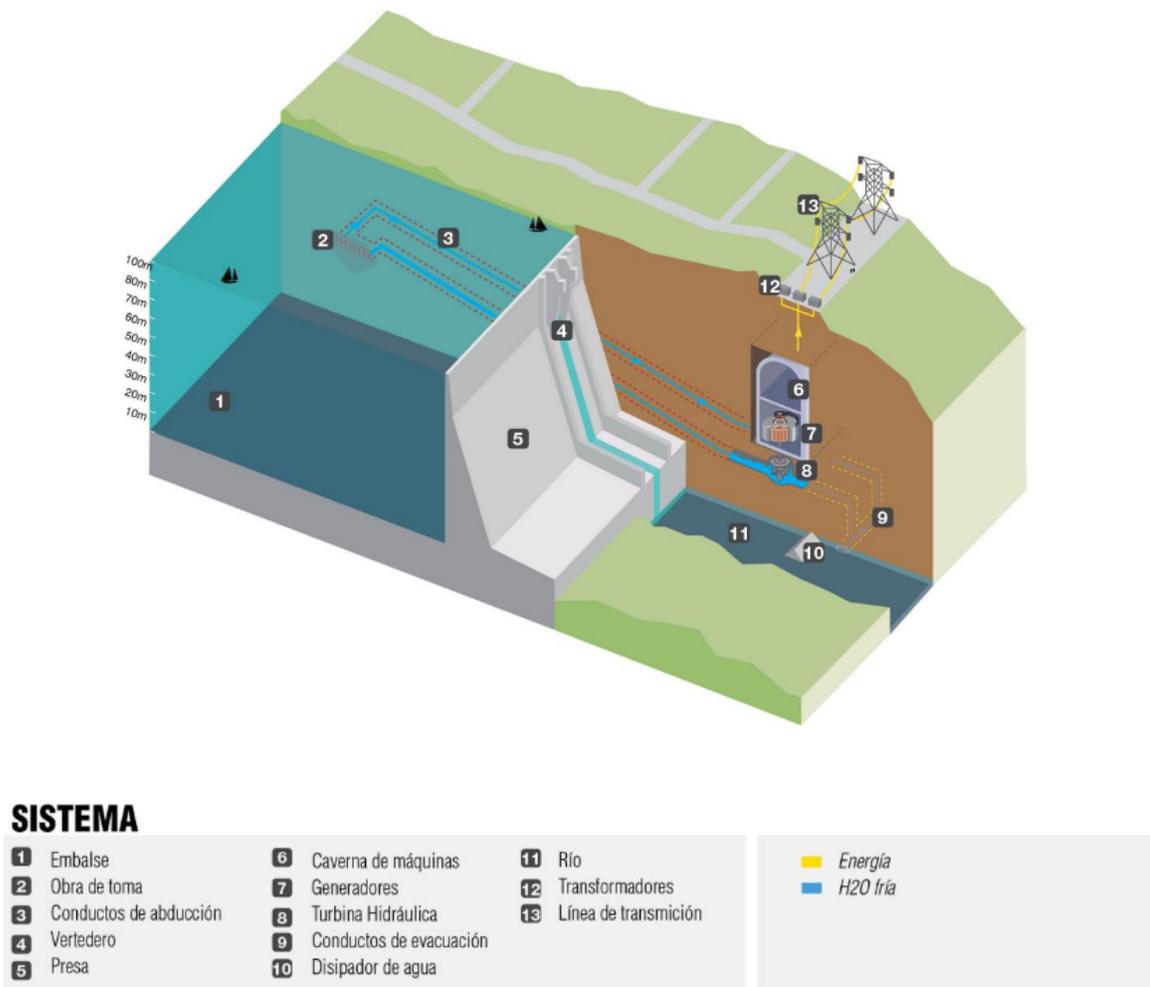


Figura 2.7: Central Hidroeléctrica de Embalse. Fuente: Sistemas de la Energía (2012).

## 2.2.2. Hidroelectricidad a nivel global

La hidroelectricidad proporciona el 17 % de la generación de electricidad mundial en 2020 con aproximadamente 4.500 TWh, siendo la tercera fuente tras la generación por Carbón y Gas Natural y, la más grande respecto a la de bajas emisiones de Carbono, por sobre la energía nuclear (9 %) y eólica (6,5 %) (Figura 2.8). Esta participación hidroeléctrica disminuyó en proporción al 19 % de la década de 1990, debido al crecimiento de las energías eólica, solar y de gas natural (International Energy Agency, 2021).

Al año 2020, se tiene a nivel mundial una capacidad instalada de 1.350 GW, lo que corresponde al 18 % de la capacidad total global. Además, se espera que durante los años 2021-2030 aumente la generación bruta anual de energía hidroeléctrica en casi 850 TWh (+19 %) y la capacidad hidroeléctrica global aumente en un 230 GW (+17 %). Sin embargo, se prevé que las adiciones de capacidad neta durante este período presenten una disminución del 23 % en comparación con la década anterior (International Energy Agency, 2021).

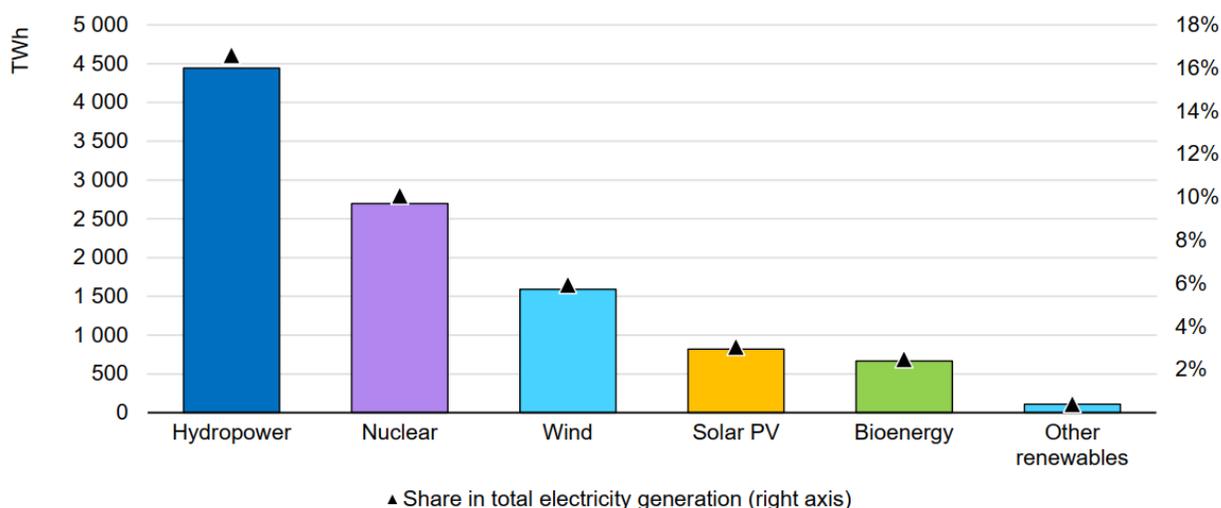


Figura 2.8: Generación eléctrica de bajo carbono por tecnología y participación el año 2020 a nivel mundial. Fuente: Reporte IEA (2021).

Por otra parte, la energía hidroeléctrica de embalse y de centrales de bombeo han resultado fundamental para integrar el aumento de energía eólica y solar fotovoltaica en los sistemas eléctricos, dada su gran capacidad de acumulación y dotación de flexibilidad a los sistemas. La Figura 2.9 muestra la participación por fuentes en el suministro flexible global. Se aprecia que las centrales hidroeléctricas actualmente componen casi el 30 % de los sistemas de flexibilidad, con similares capacidades a las plantas de carbón y gas natural.

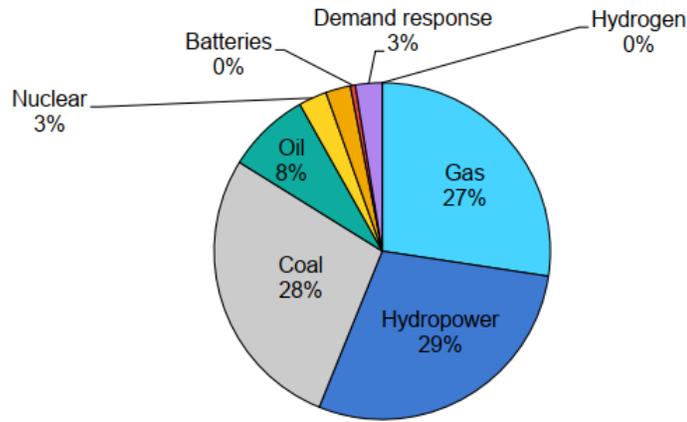


Figura 2.9: Flexibilidad del sistema global de energía por fuente. Fuente: Reporte IEA (2021).

Respecto a este 29 % de hidroelectricidad, las centrales hidroeléctricas de embalse suelen ser la opción más rentable para proporcionar flexibilidad debido a su bajo costo, capacidad de regulación y almacenamiento de energía. A su vez, las plantas de generación por bombeo, que disponen de un embalse superior en donde son bombeadas y almacenadas las aguas para así liberarlas cuando hay mayor demanda, otorgan flexibilidad y evitan el uso de opciones más caras y de mayor emisión como el gas natural. Sin embargo, su bajo factor de capacidad<sup>2</sup>, que oscila entre el 4 % y el 15 % en la mayor parte del mundo, limita su implementación como opción generadora y en la actualidad es empleada en gran parte de economías con sistemas de bombeo instalados para reducir las restricciones de la generación solar fotovoltaica, ya que, absorben el exceso de generación fotovoltaica bombeando durante el día y descargando por la noche para satisfacer la demanda máxima (International Energy Agency, 2021).

Durante décadas, los proyectos hidroeléctricos han sido la opción de electricidad renovable más competitiva tanto en los países avanzados como en los países en desarrollo. Incluso a pesar de la rapidez en la caída de los costos de generación de energía solar fotovoltaica y eólica en los últimos años y su irrupción en el mercado, las centrales hidroeléctricas siguen siendo atractivas en muchos países en desarrollo y emergentes en la región de Asia Pacífico, África y América Latina (International Energy Agency, 2021). No obstante, debido a que los proyectos hidroeléctricos implican plazos de entrega más largos, oposición local, procesos de regulación hídrica y extensa tramitación de permisos, se tiene un gran desincentivo a la inversión de estos proyectos, ya que, conllevan a un mayor riesgo que los desarrollos eólicos y fotovoltaicos. Es por esto, que se deben establecer medidas para disponer costos de energía hidroeléctrica competitivos en economías y países en desarrollo, como la aplicación de sólidos estándares de sustentabilidad, políticas energéticas que brinden mayor certeza financiera y un mayor involucramiento estatal en el financiamiento de estos proyectos.

<sup>2</sup> Factor de capacidad: Cociente entre la energía real generada por la central eléctrica durante un período y la energía generada si hubiera trabajado a plena carga durante ese período

### 2.2.3. Proyectos Hidroeléctricos en Chile

La intervención estatal por medio de la empresa Endesa (Empresa Nacional de Electricidad S.A.), la cual comenzó a operar en 1943 bajo las metas propuestas en el Plan de Electrificación desarrollado inicialmente por la CORFO, marca el inicio de una época de auge para el desarrollo hidroeléctrico nacional. Las primeras instalaciones construidas para este efecto fueron centrales de pasada de tamaño mediano, pero con el transcurso del tiempo fue necesario construir instalaciones generadoras de mayor tamaño, debido al fuerte y permanente aumento de la demanda eléctrica. Esto exigió regular los caudales de los ríos para dar una adecuada seguridad de operación a las nuevas centrales hidroeléctricas (Instituto de Ingenieros de Chile, 2010). De ahí en más, la Endesa reunió un gran conocimiento técnico y práctico sobre el desarrollo de este tipo de proyectos. En los años ochenta, la participación hidroeléctrica en la generación total de energía alcanzó el 80 % (Ministerio de Energía, 2015), participación que dista en gran magnitud al actual 15 %. En el Estudio de Muñoz (2020), se analiza la evolución de las potencias hidroeléctricas construidas en los últimos años, donde se evidencia un fuerte decrecimiento a partir del año 1996, estableciéndose un nivel promedio de 600 MW instalados cada 5 años, promedio que se mantiene hasta la fecha. En la sección 2.3.3 se expone el desarrollo de proyectos hidroeléctricos de embalse en Chile.

A Junio del año 2021, se tiene una capacidad instalada de 3.436 MW y 2.838 MW para centrales hidroeléctricas de embalse y de pasada, respectivamente. Las Tablas 2.1 y 2.2 detallan todas las centrales en operación que aportan la energía generada al SEN.

Tabla 2.1: Centrales Hidroeléctricas de Embalse en operación en el SEN.  
Fuente: CNE (2021).

Central	Año	Potencia Bruta [MW]
RALCO	2004	690
PEHUENCHE	1991	570
COLBUN	1985	467
PANGUE	1996	467
EL TORO	1973	450
RAPEL	1968	378
CANUTILLAR	1990	172
CIPRESES	1955	106
MACHICURA	1985	95
ANCOA	2018	25
CONVENTO VIEJO	2019	16
Total		3.436

Tabla 2.2: Centrales Hidroeléctricas de Pasada en operación en el SEN.  
Fuente: CNE (2021).

Central	Año	Potencia Bruta [MW]
ANGOSTURA	2014	323,8
ANTUCO	1981	320
RUCUE	1998	178,4
ALFALFAL	1991	178
LA CONFLUENCIA	2011	163,2
LA HIGUERA	2011	155
CHACAYES	2011	112
ABANICO	1948	93
CURILLINQUE	1993	92
PEUCHEN	2000	85
SAUZAL	1948	76,8
QUILLECO	2007	70,8
ISLA	1963	70
HORNITOS	2008	61
EL PASO	2016	60
RUCATAYO	2012	59,5
MAMPIL	2000	55
BLANCO	1993	53
PULLINQUE	1962	51,4
QUELTEHUES	1928	49
PILMAIQUEN	1944	40,8
SAN ANDRES	2014	40,3
LOMA ALTA	1997	40
LOS QUILOS	1943	39,9
LA MINA	2018	37,16
SAN IGNACIO	1996	37
PANGAL	1919	37
LAJA I	2015	34,4
PALMUCHO	2007	32
JUNCAL	1994	29,2
MAITENES	1923	27
CHACABUQUITO	2002	25,7
LOS HIERROS	2014	25,1
DIGUA	2021	24
PUNTILLA	1926	21,76
FLORIDA II	1993	19,9
CHAPIQUIÑA	1967	10,9
FLORIDA	1909	6
FLORIDA III	1999	2,5
ARRAYAN	2017	1,2
Total		2.838,7

Sumado a este panorama energético, se tiene una serie de proyectos que se encuentran actualmente en construcción. Estos proyectos se muestran en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Proyectos Hidroeléctricos declarados en construcción. Fuente: Energía Abierta (2021).

<b>Proyecto</b>	<b>Potencia Neta [MW]</b>	<b>Tipo Tecnología</b>	<b>Puesta en servicio</b>
Las Lajas	267	H. de Pasada	2021
Alfalfal II	264	H. de Pasada	2021
San Pedro	170	H. de Pasada	2024
Los Cóndores	150	H. de Pasada	2023
Ñuble	136	H. de Pasada	2024
Los Lagos	48,7	H. de Pasada	2022
Total	1.035,7		

La Tabla 2.3 da cuenta que la construcción de proyectos es en su totalidad a Centrales Hidráulicas de Pasada. Además, el aporte total esperado en energía hidráulica convencional corresponde a 1.035,7 MW, lo que equivale al 17% del crecimiento esperado de aquí al año 2025 según el estudio de Muñoz (2020). Cabe mencionar, que las cifras anteriormente expuestas no consideran la energía aportante de las tecnologías Mini-hidro, ya que, este tipo se considera Energía Renovable No Convencional (ERNC). Actualmente, se están construyendo proyectos de Mini Hidráulica de Pasada, los que aportarán aproximadamente 55 MW al término del año 2022, que se sumarán a los 551 MW ya instalados a Julio de 2021 (Energía Abierta, 2019).

## 2.3. Regulación Hídrica

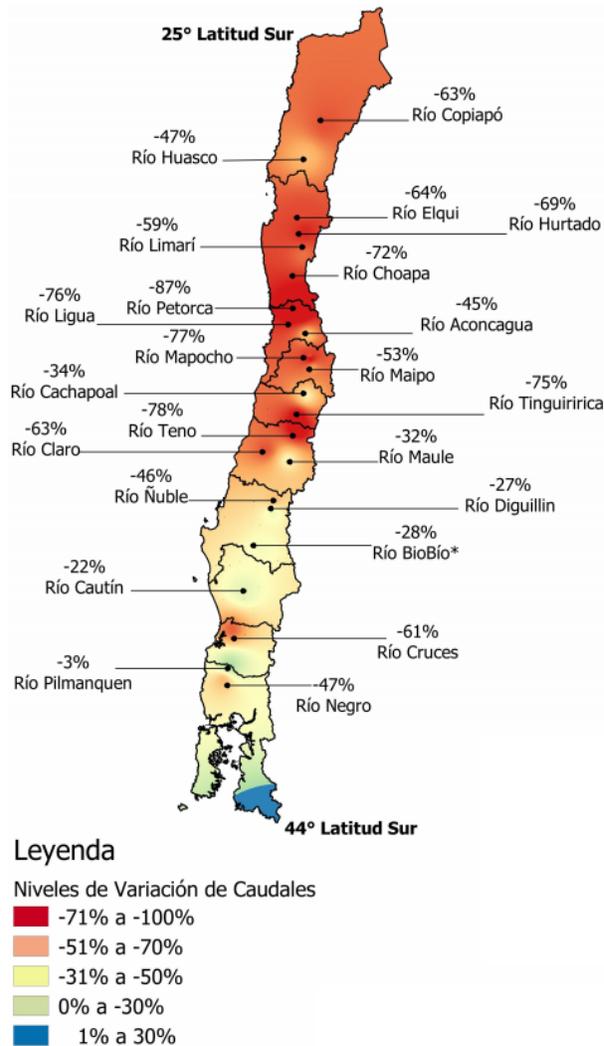


Figura 2.10: Variación de caudales para el mes de Junio respecto al promedio histórico del mismo mes. Fuente: DGA (2021).

de un manejo integrado a nivel de cuencas hidrográficas y considerando la variabilidad geográfica en la distribución del recurso, la cual es escasa en el norte y aumenta su disponibilidad progresivamente hacia el sur.

Los recursos hídricos vienen dando señales de agotamiento hace ya varias décadas en varias zonas del país. A Diciembre de 2021, hay 184 comunas del país declaradas en zonas de escasez hídrica por el MOP, situación que se ha acrecentado desde el año 2010, principalmente desde las regiones de Coquimbo hasta La Araucanía. Esta situación surge como resultado del avance de los efectos del cambio climático, y la demanda creciente antrópica del recurso. Por lo tanto, surge la necesidad de regularlo de manera efectiva, dado el factor determinante que cumple en el desarrollo social y económico de los países en la satisfacción de fines básicos como agua potable, agricultura, industria, minería e hidroelectricidad. Las Figuras 2.10 y 2.11 muestran como los caudales a nivel de río y las precipitaciones, respectivamente, poseen un déficit que se ha ido acrecentando en el tiempo.

Respecto a la proyección de esta problemática, el estudio “Actualización del Balance Hídrico Nacional” de la DGA (2017), liderado por académicos de la Universidad de Chile, advierte sobre una fuerte disminución en la precipitación y escorrentía media anual del recurso hídrico a futuro, principalmente en la zona centro-sur del país, según distintos modelos de clima global los cuales incorporan los efectos del cambio climático. Por lo tanto, es urgente establecer una seguridad hídrica para los territorios, por medio

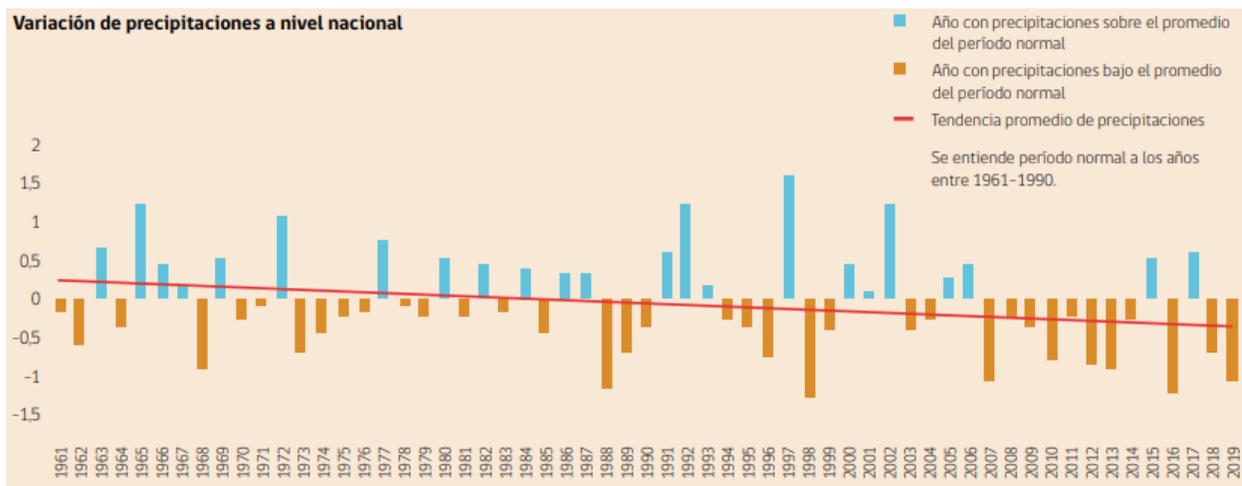


Figura 2.11: Anomalía porcentual de precipitación total anual en Chile continental respecto al promedio 1961-1990. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile (2021).

Para abordar esta problemática a nivel país, la Ingeniería Civil actualmente propone 2 soluciones: La desalinización del agua de mar y la implementación de embalses, los cuales permiten el almacenamiento del agua en épocas de precipitación y deshielo, y su utilización en épocas de estiaje. Esta última corresponde a la solución de interés de este trabajo de investigación y se aborda en detalle en la siguiente sección.

### 2.3.1. Justificación de las obras de regulación

Al año 2010, el agua de los cauces de nuestro territorio que llegaba al mar, después de extraídos todos los usos consuntivos, alcanza como promedio anual a 320.000 millones de  $m^3$ . En cambio, la capacidad total de acumulación en el país alcanza sólo a 15.000 millones de  $m^3$ , cifra equivalente a un 5% de los caudales que llegan al océano. Por otra parte, la hidroelectricidad se ha desarrollado del orden de un 25% del potencial total disponible. Ambos porcentajes revelan que existe un margen relevante para utilizar más eficientemente los recursos hídricos del país. Estas cifras dan cuenta de una gran cantidad de recursos disponibles que no están siendo utilizados, por lo tanto, construir obras de regulación permitiría optimizar el aprovechamiento de estos recursos y así, establecer una seguridad hídrica tanto para generación como para uso agrícola, industrial y fines sanitarios (Instituto de Ingenieros de Chile, 2010). Además, dada las características geográficas del país, se tienen los siguientes factores que dan cuenta de la necesidad de implementación de embalses de regulación:

- La abundancia del recurso en épocas de invierno y primavera, debido a las precipitaciones y deshielo del macizo de nieve de la Cordillera de los Andes, respectivamente; y la escasez del recurso en épocas de verano y otoño, época en la cual la demanda es máxima.
- El recurso hídrico está distribuido en una gran cantidad de hoyas hidrográficas y que ellas son de recorridos relativamente cortos y con fuerte pendiente, por la cercanía entre la Cordillera de Los Andes y el mar, por lo que, los escurrimientos de los ríos llegan rápidamente al océano.

### 2.3.2. Tipos de Embalse

La tipología de embalses se divide según 4 características:

- Origen: Se distinguen entre embalses naturales (lagos) de los artificiales. Los primeros se han originado por fenómenos de la naturaleza como avalanchas, procesos volcánicos o morrenas glaciales que bloquearon el cauce de un río. En cambio, los embalses artificiales obedecen a un mecanismo de formación semejante, con la diferencia que la barrera que cierra el cauce corresponde a una presa construida.
- Funcionalidad: Se distinguen sus usos para agua potable, regadío, hidroelectricidad y multipropósitos.
- Materialidad: Se distinguen según la tecnología usada para la construcción de la barrera. Los muros de presa de hormigón pueden ser muros en arco, hormigón ciclópeo (gravitacionales) o de carpeta de hormigón (lámina impermeable de hormigón). Los llamados de tierra pueden ser homogéneos (un solo tipo de suelo) o con núcleo central (varios tipos de material, zonificados), o con pantalla de hormigón o asfalto en el talud de aguas arriba.
- Capacidad: Se distinguen en función del periodo de regulación. Si la regulación implica periodos largos, los embalse se conocen como multianuales, sean naturales o artificiales. Cuando se trata de acumular excedentes de invierno para los estiajes, estamos hablando de embalses estacionales. Por último, en el extremo, los llamados tranques de noche, utilizados en el regadío, cumplen una función de regulación horaria o de fines de semana.

### 2.3.3. Construcción de Embalses en Chile

La construcción de embalses para regadío en Chile surgió por iniciativa de los propietarios de predios agrícolas, con el objeto de acumular agua y disponer de ella en forma regular para sus plantaciones. Las obras fueron de un tipo menor, siendo la presa *Tapihue*, ubicada en el valle de Casablanca, la primera de ellas en el año 1838. El agua para producir energía eléctrica se utilizó por primera vez en Chile el año 1887, en la *central Chivilingo*, de la Compañía Carbonífera de Lota y Coronel. Durante el período (1929-1950) se incorporaron diversas presas construidas por el Estado, por medio de la labor ejercida por la Dirección de riego del Ministerio de Obras Públicas (MOP), aunque de tamaño relativamente menor. La construcción de grandes presas con fines hidroeléctricos comenzó a materializarse en forma importante por Endesa, a partir de 1950, concordando con el impulso activador del país asumido por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y orientado hacia al desarrollo de la producción industrial establecido en el Plan de Electrificación Nacional (Instituto de Ingenieros de Chile, 2010). La Figura 2.12 muestra los embalses más destacados construidos durante los años 1950 y 1980 en Chile.



Figura 2.12: Principales Embalse construidos entre 1950 y 1980. Fuente: Elaboración Propia a partir de Instituto de Ingenieros (2010).

A partir de los años 1980, las presas construidas se han caracterizado por ser estructuras de alturas relevantes, diseñadas y construidas con las mejores técnicas de la ingeniería. Las principales obras con fines multipropósitos o hidroeléctricos se presentan a continuación:

**Complejo Hidroeléctrico Colbún-Machicura:** El año 1985 ENDESA puso en servicio el embalse Colbún, ubicado en el río Maule, de 1.100 millones de  $m^3$  de capacidad de regulación. Éste requirió la construcción de una presa principal y tres secundarias. La obra principal, de 116 m de altura y de una longitud en el coronamiento de 550 m, es un muro de gravas compactadas, con núcleo central impermeable. Las obras de rebase están constituidas por un vertedero frontal, provisto de cuatro compuertas de sector, capaces de evacuar un caudal de  $9.000 m^3/s$ . Desde el embalse capta sus aguas la central Colbún, de 474 MW de capacidad y que descarga sus aguas al embalse Machicura. El embalse Machicura tiene como objetivo regular los caudales variables que utiliza la central Colbún. De este modo, desde Machicura se entregan caudales constantes a numerosos canales de regadío, que captan sus aguas desde el canal de descarga de la central, de 90 MW de capacidad. El embalse Machicura tiene una capacidad de 13 millones de  $m^3$  y está formado por tres muros de presa. El principal, de 32 m de altura y 540 m de longitud en el coronamiento, es de tierra homogéneo.

El año 1991 se puso en servicio el embalse Melado en conjunto con la Central Hidroeléctrica Pehuenche de ENDESA. Este Embalse, ubicado en río del mismo nombre, permite almacenar aguas de este río y del río Maule, mediante una presa de suelos zonificada de 90 m de altura y 310 m de largo en el coronamiento, con una capacidad de almacenamiento de 133 millones de  $m^3$  y una potencia de 570MW.

La Figura 2.13 muestra el complejo hidroeléctrico que nace desde los embalses Laguna La Invernada y El Maule presentados en la Figura 2.12. Este complejo corresponde al más importante desarrollo hidroeléctrico realizado en el país, tanto por la magnitud de las obras que fue necesario llevar a cabo, como por volumen de los movimientos de tierra requeridos para la construcción de las presas (Instituto de Ingenieros de Chile, 2010).

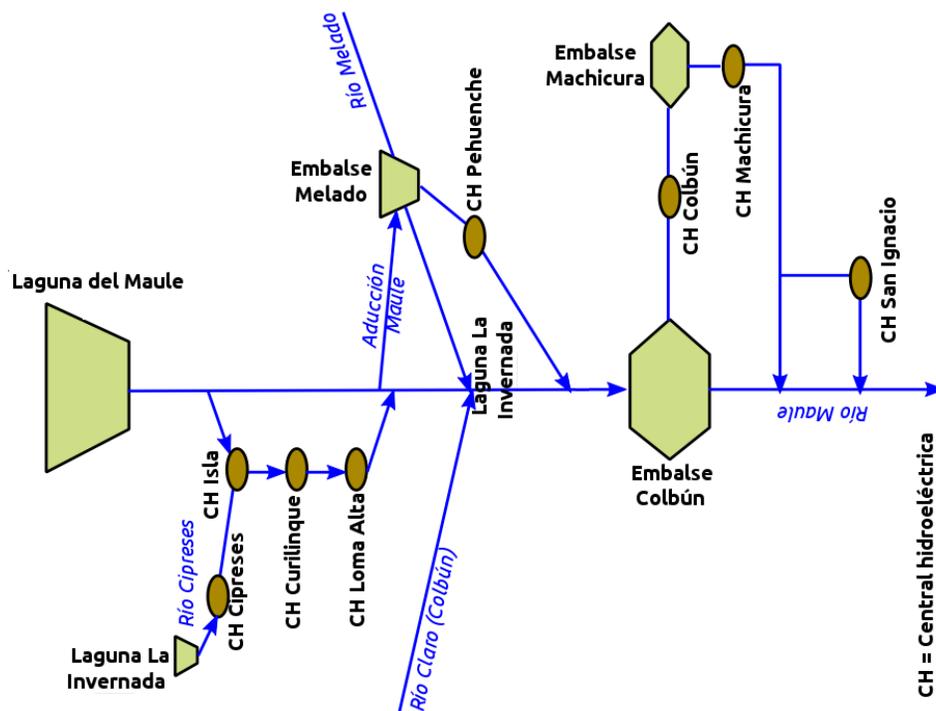


Figura 2.13: Embalses y centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Maule.



Figura 2.14: Embals Puclaro. Fuente: MOP (2021).

**Embalse Puclaro:** En el año 1999 la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) puso en servicio el embalse Puclaro (Figura 2.14), ubicado en el río Elqui, al oriente de la ciudad de La Serena. Es una obra de regulación multianual de 200 millones de  $m^3$  de capacidad, que riega 20.700 ha, e inunda 760 ha. El muro de la presa es de gravas compactadas, con una pantalla de hormigón en el talud de aguas arriba. Su altura es de 83 m y la longitud del coronamiento 595 m. Para asegurar la estanqueidad y seguridad de la presa, se construyó una pared moldeada de 58 m de profundidad. El vertedero de rebase tiene una capacidad de  $2.500 m^3/s$ . Posteriormente, se construyó una mini-central hidroeléctrica que permite aprovechar los caudales entregados para riego con una capacidad instalada de 5,6 MW.



Figura 2.15: Central Pangue. Fuente: Enel (2021).

**Central Pangue:** A fines del año 1996 la Empresa Eléctrica Pangue S.A., filial de ENDESA, puso en servicio en el río Bío-Bío la presa Pangue (Figura 2.15). Es una obra de hormigón compactado con rodillo de 113 m de altura máxima y 410 m de longitud en el coronamiento, está fundada en roca, y es la primera de este tipo construida en el país y la única presa de hormigón que igualaba en altura a Rapel, construida 30 años antes. Desde el embalse Pangue, de 65 millones de  $m^3$  de capacidad de regulación, capta sus aguas la central hidroeléctrica del mismo nombre, de 450 MW de potencia y ubicada a un costado de la presa en una caverna subterránea excavada al interior del cerro. El vertedero de rebase es frontal y tiene una capacidad de evacuación de  $8.000 m^3/s$  y está dotado con 4 compuertas.



Figura 2.16: Central Ralco. Fuente: Enel (2021).

**Central Ralco:** En septiembre de 2004 la Endesa puso en servicio el embalse Ralco, ubicado en una angostura del río Bío-Bío situada aguas arriba de la presa Pangue. La presa Ralco (Figura 2.16) es un muro gravitacional, de hormigón compactado con rodillo, de 155 m de altura y con una longitud de coronamiento de 360 m. El embalse formado por esta obra tiene una capacidad total de 1.200 millones de  $m^3$ . La central, que tiene una potencia de 690 MW y entrega una generación media anual de 3.100 GWh, dispone de dos unidades generadoras ubicadas en una caverna de máquinas subterránea. El evacuador de crecidas, compuesto por un vertedero controlado por 3 compuertas ubicadas en la parte central del muro de presa, tiene una capacidad de  $6.700 m^3/s$ .

Finalmente, en la Tabla 2.4 se presentan las presas con mayor altura de muro y mayor capacidad de embalse construidas hasta la actualidad.

Tabla 2.4: Presas más grandes en Chile. Fuente: Elaboración propia a partir de Instituto de Ingenieros de Chile (2010).

Presas	Año operación	Altura [m]	Capacidad [ $hm^3$ ]	Uso
Cogotí	1939	83	150	Riego
Laguna del maule	1957	40	1.570	Riego e Hidroelectricidad
Lago Laja	1954-1963	10	4.500	Riego e Hidroelectricidad
Paloma	1967	82	750	Riego
Yeso	1967	61	250	Riego
Digua	1968	89	220	Riego
Rapel	1968	112	680	Hidroelectricidad
Colbún	1985	116	1.100	Hidroelectricidad
Santa Juana	1995	113,5	160	Riego
Pangue	1996	113	65	Hidroelectricidad
Ralco	2004	155	800	Hidroelectricidad

### 2.3.4. Plan Nacional de Embalses

De acuerdo con el documento “Chile 2020 Obras Públicas para el Desarrollo” elaborado por el MOP en el año 2010, el aparato productivo chileno depende críticamente del agua. Al año 2010, Chile posee  $4.000 hm^3$  de agua embalsada para un millón de hectáreas, y se establece como meta pasar a  $6.000 hm^3$  para regar un millón y medio de hectáreas. En vista de estos desafíos, “se requerirá la construcción de nueva infraestructura de embalses, complementada con el mejoramiento de la infraestructura de conducción y de la puesta en riego predial” (MOP, 2010). Es por ello, que se define un Plan Nacional de Embalses, con una cartera de proyectos a construir entre los años 2010-2016 y 2015-2020, que dotan de una capacidad adicional de  $1671 hm^3$ . La Figura 2.17 muestra el volumen de agua embalsado al año 2010 y la proyección al año 2020.

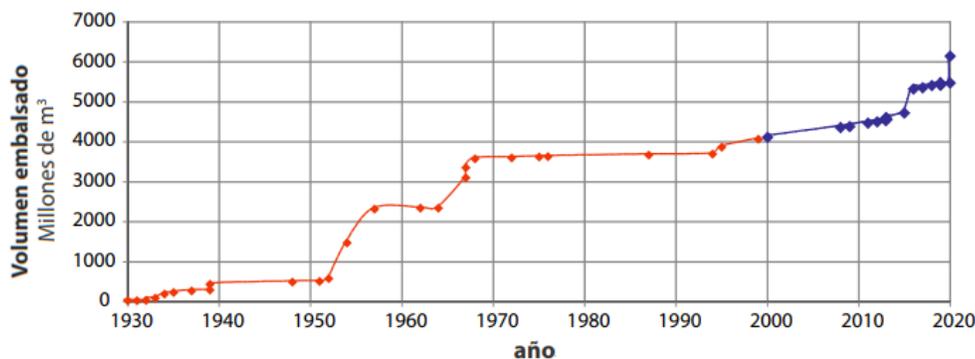


Figura 2.17: Volumen de agua embalsada al año 2010 y proyección al año 2020. (Millones de  $m^3$  por año). Fuente: MOP (2010).

La ejecución del Plan Nacional de Embalses no resulta según lo planificado, y el año 2018, bajo una auditoría realizada por Contraloría, la DOH actualiza la información contenida en dicho Plan, la cual es presentada en la Figura 2.18.

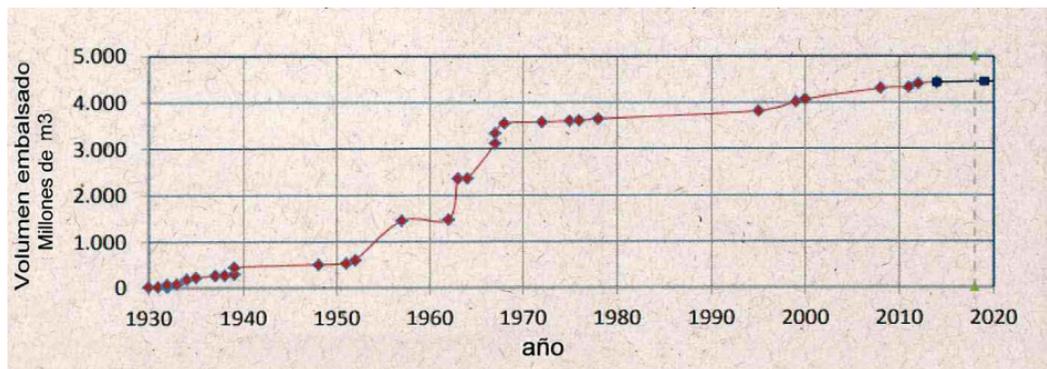


Figura 2.18: Volumen de agua embalsada al año 2018 y proyección al año 2020. (Millones de  $m^3$  por año). Fuente: MOP (2018).

De la Figura 2.18 se observa que no se cumple la meta fijada al 2020 y que los avances son aproximadamente el 20% del estipulado ( $400$  de  $2.000 \text{ hm}^3$ ). Además, se puede establecer que del listado de embalses previsto para el periodo 2010-2016 solo se concretó la ejecución del embalse Chacrilla, cuya capacidad de embalsamiento representa solo un 3,2% del total que se previó para ese periodo ( $852 \text{ hm}^3$ ). Lo anterior, debido a que hasta la fecha no se han ejecutado los embalses Los Ángeles, Las Palmas, Puntilla del Viento y Punilla, los que constituyen el 96,83% restante. De estos últimos, solo el embalse Las Palmas posee un avance del 18,2% de sus obras<sup>3</sup>.

Por su parte, de las obras previstas para el periodo 2015-2020, solo ha finalizado sus obras el embalse Valle Hermoso, ubicado en la región de Coquimbo, con una capacidad de  $20 \text{ hm}^3$ , equivalente a un 2,44% del volumen proyectado para dicho periodo ( $819 \text{ hm}^3$ ). No obstante, cabe destacar que en el periodo 2010-2018, se materializó el embalse Empedrado, ubicado en la región del Maule, el cual posee una capacidad para embalsar de  $2,7 \text{ hm}^3$ .

Existe una nueva versión de la cartera de proyectos del Plan Nacional de Embalses, la cual se muestra en la Tabla 2.5.

<sup>3</sup> Embalse Las Palmas. Informe de Estado mensual de concesión - Octubre 2021.

Tabla 2.5: Cartera de proyectos del Plan Nacional de Embalses. Fuente: Modificado de MOP (2018).

Embalse	Región	Volumen (hm <sup>3</sup> )	Superficie beneficiada (ha)	Estado de proyecto
Catemu	Valparaíso	180	26.577	Licitación en cuarto trimestre de 2023
La Tranca	Coquimbo	46	3.500	Prefactibilidad terminada
Murallas Viejas	Coquimbo	50	3.250	Factibilidad terminada
Los Ángeles	Valparaíso	30	2.603	Factibilidad terminada
Ampliación Aromos	Valparaíso	60	1.500	Ingeniería de Perfil
Pocuro	Valparaíso	100	40.000	Factibilidad en desarrollo
Zapallar	Ñuble	80	10.000	Licitación en cuarto trimestre de 2022
Livilcar	Arica y Parinacota	10	Control crecidas	Factibilidad terminada
Bollenar	Lib. B. O'higgins	33	6.070	Factibilidad terminada
El Parrón	Maule	64	2130	Factibilidad terminada
Canelillo	Coquimbo	200	11.000	Factibilidad terminada
La Chupalla	Valparaíso	56	2.186	Prefactibilidad terminada
La Jaula	Maule	160	53.405	Prefactibilidad terminada
Cautín	Araucanía	142	32.274	Prefactibilidad en desarrollo
Umirpa	Arica y Parinacota	18,1	550	Prefactibilidad terminada
Rapel	Coquimbo	14	1.973	Factibilidad terminada
Lautaro	Atacama	12	9.900	En Operación
Nueva La Punilla	Ñuble	540	70.000	En Licitación
Ancoa	Maule	102	60.000	Ingeniería de Perfil
<b>TOTAL</b>		<b>1.897</b>	<b>336.918</b>	

## 2.4. Cambio Climático e Hidroelectricidad

El cambio climático y la hidroelectricidad poseen dos vínculos directos que retroalimentan su relación. Por un lado, la hidroelectricidad tiene como recurso al agua, la cual está estrechamente relacionada con el clima. Y por otra parte, la hidroelectricidad es una fuente de generación renovable que puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Respecto a la disponibilidad del recurso hídrico, se han realizado diversos estudios sobre los impactos potenciales del cambio climático en la capacidad de generación hidroeléctrica en Chile. El primero corresponde al desarrollado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en su proyecto de estudio regional de la economía del cambio climático “Análisis de la vulnerabilidad del sector hidroeléctrico frente a escenarios futuros de cambio climático en Chile” (2012). En dicho estudio, se analizan los impactos asociados a dos escenarios de emisión de GEI en la generación eléctrica de los sistemas Maule Alto, Laja y Biobío. A partir del análisis de estas cuencas, se extrapolaron posibles impactos en el resto de los sistemas hidroeléctricos del país, encontrándose que producto de la disminución en precipitaciones promedio y un aumento en la temperatura, el cambio climático implica una reducción en la capacidad de generación hidroeléctrica de la zona central del país. Los resultados muestran una disminución paulatina del potencial de generación de los sistemas empezando con valores de 3 al 7% en el período 2010-2040 hasta llegar a aproximadamente

de 10 al 17% en la ventana 2070-2100 (McPhee et al., 2012). Posteriormente, en el documento “Informe Final Estudio de Cuencas 2” (2016) realizado por el Ministerio de Energía, se analizan los posibles impactos del cambio climático considerando los nuevos escenarios utilizados en el Quinto Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y con especial foco en las siete cuencas donde se trabajó en ese proyecto. La Figura 2.19 da cuenta de los impactos esperados en términos de potencial de desarrollo hidroeléctrico futuro para una serie de escenarios de emisión de GEI (escenarios RCP). Se observa que los mayores impactos se dan en el escenario de mayor concentración de emisiones (RCP 8,5) y hacia finales de siglo, donde se llegan a apreciar reducciones en generación del orden de un 25%. Finalmente, se aprecia un leve impacto mayor en la cuenca del Maule en comparación con las cuencas del Biobío y Toltén (Ministerio de Energía, 2016).

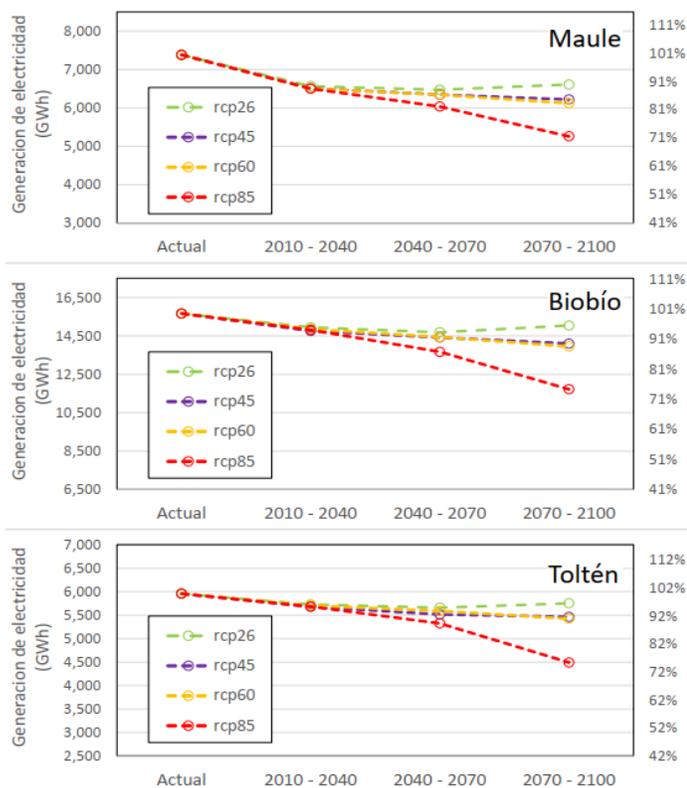


Figura 2.19: Potencial de generación hidroeléctrica futura en cuencas Maule, Biobío y Toltén. Fuente: Ministerio de Energía (2016).

Respecto a las emisiones de GEI, el sector energía contribuye con un 53,9% de las emisiones totales de GEI (Ministerio de Energía, 2021b), estimación que no considera las posibles emisiones de metano y dióxido de carbono que pueden ser emitidas en embalses de regulación. Esta emisión está asociada a la descomposición de materia orgánica que ha quedado inundada por un embalse o que ingresa al embalse desde los aportes de la cuenca. En Chile, no se ha realizado ningún monitoreo de emisiones de GEI desde embalses o lagos. Sin esa información y dada la alta variabilidad, es complejo estimar cual sería por ejemplo la tasa de emisión para embalses de generación hidroeléctrica (Vicuña, 2016).

## 2.5. Sustentabilidad en la Hidroelectricidad

Una de las definiciones más conocidas de sustentabilidad, corresponde a la del Reporte de Brundtland: “Desarrollo sostenible es aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Oxford University Press, 1987). A su vez, la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile define a la sustentabilidad como “la aspiración de la humanidad a perpetuar el bienestar de todas las formas de vida sobre el planeta de manera permanente en el tiempo. Por lo tanto, el desarrollo sostenible comprende tanto el desarrollo social, ambiental como económico, que armoniza estas tres dimensiones” (FCFM, 2016). A su vez Zarta define a la sustentabilidad como “un concepto integrador valioso, por cuanto se adapta a cualquier lugar geográfico que se esté analizando, se adecúa a los diferentes objetivos que se estén considerando, tiene en cuenta las presentes y futuras generaciones, pero sobre todo, retoma la necesidad nuevamente de concebir al hombre como parte integrante de la biosfera” (Zarta, 2018).

Respecto a la sustentabilidad de proyectos hidroeléctricos, toma gran valor lo mencionado en el párrafo anterior, de que la sustentabilidad es un concepto adaptativo, lo que se condice con la exclusividad de los proyectos hidroeléctricos. En términos simples, no existen dos centrales hidroeléctricas iguales, estas varían en su emplazamiento, con ello las condiciones geológicas e hidrológicas; en tecnología, tamaño, costo, disposición y tipos de obras, aspectos ambientales, aspectos sociales, culturales y territoriales, etc. Por lo que, no hay evaluaciones estándares y cada una debe realizarse en función de cada proyecto.

### 2.5.1. Marco Normativo de Sustentabilidad

La política medioambiental de Chile ha sido parte de los acuerdos internacionales, insertándose así en el contexto internacional e involucrándose en el desarrollo sustentable. Chile ha participado en las principales cumbres internacionales en la materia, partiendo con la reunión sobre Medio Ambiente Humano de 1972 en Estocolmo, y que continuó desarrollándose en la Cumbre sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro (1992), y la Cumbre de Desarrollo Sostenible en Johannesburgo (2002). A esto, se suma la incorporación en el año 2010 de Chile a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), y la incorporación de las diferentes directrices medioambientales y sociales que dicha organización establece (Rubik Sustentabilidad, 2017).

En cuanto a la normativa nacional, existe un marco general que determina los alcances de la institucionalidad que sustenta la sustentabilidad en Chile. A continuación, se presentan los elementos principales de la normativa nacional:

- **Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente y Ley Orgánica**

La Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente establece el marco institucional sobre materia medioambiental en Chile. La primera versión fue promulgada en 1997, después de cinco años de discusión parlamentaria. Sin embargo, tal cual se menciona en la sección 2.1, el 26 de enero de 2010 fue publicada la Ley Orgánica N° 20.417, que introdujo modificaciones sustanciales a la orgánica chilena, rediseñando completamente la institucionalidad: creó el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), que tiene a cargo el diseño e implementación de políticas, planes y programas en materia ambiental; el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, como órgano de deliberación pública; el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), a cargo del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental; y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), con funciones de fiscalización y sanción (Rubik Sustentabilidad, 2017).

Dentro de sus principales consideraciones, la Ley 20.417 cuenta con los siguientes elementos inferidos como principios que la guían: El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza, la conservación del patrimonio ambiental y la participación ciudadana.

- **Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)**

Uno de los principales instrumentos para prevenir el deterioro ambiental es el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Este instrumento permite introducir la dimensión ambiental en el diseño y la ejecución de los proyectos y actividades que se realizan en el país. A través de él se evalúa y certifica que las iniciativas, tanto del sector público como del sector privado, se encuentran en condiciones de cumplir con los requisitos ambientales que les son aplicables. Asimismo, el SEA busca uniformar los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes y exigencias técnicas de la evaluación de impacto ambiental de proyectos y actividades, mediante la elaboración de guías.

- **Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)**

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) es una herramienta de gestión ambiental que facilita la incorporación de los aspectos ambientales y de sustentabilidad en los procesos de elaboración de Políticas, Planes e Instrumentos de Ordenamiento Territorial. En este sentido, la EAE busca identificar e incorporar consideraciones ambientales en los mecanismos de gestión pública desde su concepción y realizando una evaluación estratégica acerca de la perspectiva futura de implementación de la política, plan o instrumento, con tal de establecer las bases sobre las que se realizarán las decisiones a futuro, y cómo la sustentabilidad y el medioambiente podrían ser afectados por estas.

- **Política de Participación Ciudadana**

Bajo el contexto de la promulgación de la Ley 20.500 el año 2011, se presenta la “Política para la Participación Ciudadana en el Marco de la Corresponsabilidad” (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2011), siendo el instrumento legal que institucionaliza y legitima la participación ciudadana en el país. Los alcances y propósitos de la política consisten en “fomentar la participación ciudadana para promover una cultura de corresponsabilidad, fortaleciendo los espacios de comunicación entre el gobierno

y la ciudadanía, aumentando la transparencia, eficacia, eficiencia y efectividad de las políticas públicas”. Los ejes que guían a la política se detallan a continuación:

- **Información y consulta a la ciudadanía:** Entregar información de calidad y en forma oportuna, implementar dispositivos que operen como espacios y canales para invitar a la ciudadanía a participar e incorporar sus opiniones para el mejoramiento de la gestión pública y, generar respuestas de calidad y en plazos adecuados.
- **Control ciudadano:** Profundizar la transparencia de la gestión pública, promover que los ciudadanos puedan acompañar y monitorear en forma efectiva los actos de los órganos de la administración del Estado, y fomentar que las políticas públicas que se implementen sean a partir de una corresponsabilidad de la ciudadanía.
- **Fortalecimiento de la sociedad civil:** Reforzar la idea de una sociedad civil participativa e involucrada en el destino de la nación.

## 2.5.2. Estándares de Sustentabilidad en Hidroelectricidad

Durante el año 2015, el Ministerio de Energía encomendó a la Universidad de Concepción la realización de un estudio llamado “Estándares Internacionales de Sustentabilidad para la Hidroelectricidad y Posibilidades de Implementación en Chile”. Este tuvo como objetivo analizar experiencias internacionales de estándares de sustentabilidad para el sector hidroeléctrico y generar un diagnóstico sobre la posibilidad de su implementación exitosa en Chile. En la ejecución del estudio, se recopiló, sistematizó y analizó una serie de experiencias internacionales asociadas a estándares para dicho sector. Por otro lado, se realizaron un total de 29 entrevistas semi-estructuradas a actores vinculados al sector, además de la ejecución de un seminario y un taller. Finalmente, se identificaron las brechas, posibilidades y oportunidades de la implementación de estos estándares en Chile. En dicho informe, se desarrollaron conclusiones y recomendaciones de acuerdo a la información primaria y secundaria levantada, estructuradas de acuerdo a la siguiente clasificación y temáticas:

- **Temas estructurales:** necesidad de realizar reformas legales en relación a los derechos de agua; abordar la sustentabilidad en la hidroelectricidad dentro de un marco de gestión integrada de recursos hídricos y gestión integrada de cuencas.
- **Opiniones transversales:** necesidad de aproximaciones sistémicas del territorio; impactos pasados y actuales de la hidroelectricidad en Chile; apoyo al establecimiento de estándares para acortar los plazos, y disminuir los riesgos ambientales, sociales y de inversión; ausencia actual de capacidades humanas técnicas necesarias para lograr enfoques sustentables y aplicar estándares; ausencia de información base para procesos de evaluación ambiental.
- **Ideas fuerza no consensuales:** considerar usos múltiples del agua y las cuencas; internalizar costos de implementación de estándares en los costos de los proyectos; pertinencia de que los titulares se hagan cargo de los pasivos socio-ambientales; voluntariedad de la aplicación de estándares (opiniones a favor y en contra de que sean voluntarios); verificación del cumplimiento (opiniones a favor y en contra de que la verificación se realice por las empresas o por el estado); estándares solo para temas sociales (opiniones a favor y en contra de que los estándares solo deben referirse a temas sociales, argumentando que los temas ambientales son abordados a través del SEIA).

### 2.5.3. Hidroelectricidad Sustentable

La Hidroelectricidad tiene algunas ventajas respecto a otras fuentes de generación: es una fuente de energía económica, renovable (siempre que no se sedimenten los embalses), doméstica, no-consuntiva (siempre que no haya demasiada evaporación), no contaminante, y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Además, es ideal para modular las fluctuaciones impredecibles de corto plazo en la demanda, así como en la generación eólica y fotovoltaica, que son fuentes intermitentes y aleatorias (Meier et al., 2015). Sin embargo, el que sea renovable y no contaminante no basta para que sea socio-ambientalmente sustentable: a la escala local y de cuenca, los proyectos hidroeléctricos conllevan una serie de impactos socio-ambientales, es decir, efectos sobre los sistemas socio-económico-cultural y físico-ecológico que pueden ser muy relevantes. Respecto a los impactos, se pueden seleccionar sitios para ejecutar proyectos altamente sustentables, mientras que hay otros que distan mucho de serlo, o incluso en un mismo lugar se pueden llevar a cabo proyectos alternativos en cuanto a su diseño y operación que generen casi la misma cantidad de energía, pero con impactos diametralmente opuestos (Meier et al., 2015). A partir de lo anterior, el objetivo de cualquier proyecto hidroeléctrico debe ser el mejoramiento sustentable del bienestar humano. Esto implica un avance significativo del desarrollo humano, sobre una base que sea económicamente factible, socialmente equitativa, y ambientalmente sustentable (Comisión Mundial de Represas, 2000).

A pesar de que han transcurrido cerca de 30 años desde que se inició la aplicación de estándares a este tipo de proyectos, Skinner y Haas (2014, citado por Meier et al.) estiman que sólo entre un 10% y un 15% de las nuevas centrales hidroeléctricas en el mundo están cubiertas por estándares socio-ambientales internacionales, específicos para presas. Según lo anterior, la gran mayoría de las presas para hidroelectricidad que se construyen en la actualidad están solamente sujetas a legislaciones nacionales, las cuales según la experiencia recabada a nivel mundial, resultan ser insuficientes para catalogar de sustentables a proyectos hidroeléctricos. Por ejemplo, en Chile usamos un criterio totalmente descartado si hablamos de sustentabilidad: las plantas hidroeléctricas de menos de 20 MW se considera que corresponden a “Energía renovable no convencional” (ERN), siendo que ese menor tamaño no garantiza de ninguna manera su sustentabilidad. De igual manera, el tipo de central (de pasada versus de embalse, por ejemplo) tampoco explica en mayor medida la severidad de los impactos que tendrá un proyecto, aunque sabemos que si determina el tipo de efectos predominantes que podría llegar a causar (Meier et al., 2015). Este retraso en las gestiones que aporten a disminuir los múltiples impactos en los ríos y cuerpos de agua intervenidos, sitúan a los proyectos hidroeléctricos en un rechazo ciudadano generalizado, el cual ha puesto un freno al desarrollo de estos y que corrobora lo poco sustentable de estos proyectos.

#### 2.5.3.1. ¿Cómo lograr mayor sustentabilidad en el sector hidroeléctrico?

La WCD (2000) enfatiza que la mejor manera de lograr la sustentabilidad es durante el proceso de selección de los lugares para construir represas, es decir, escogiendo los mejores lugares desde una perspectiva ambiental y social en primer lugar, usando herramientas de planificación estratégica, puesto que una verdadera sustentabilidad del sector no podrá lograrse abordando el problema sólo desde la perspectiva de los proyectos individuales, como se hace en la actualidad en Chile. Se enfatiza también en la necesidad de un enfoque participativo y consensuado, para determinar primero las necesidades y objetivos de desarrollo, identificando

luego distintas opciones para los sectores energético y del agua, de manera simultánea, bajo la premisa de que muchas veces hay mejores alternativas que construir grandes presas.

A nivel mundial, la estrategia más frecuentemente utilizada ha sido la mitigación post-hoc, es decir, una vez que ya se han definido la ubicación, el diseño y la operación de un proyecto. Si bien ésta ha sido exitosa en algunos casos, la WCD (2000) señala que se basa en el cumplimiento estricto de varias condiciones:

- i) Una buena base de información y disponibilidad de profesionales con expertise, competentes;
- ii) Un marco legal adecuado, incluyendo mecanismos de cumplimiento normativo;
- iii) Un proceso de cooperación entre el equipo de diseño y los actores involucrados;
- iv) Un monitoreo de las retroalimentaciones y una evaluación de la efectividad de las medidas de mitigación;
- v) Recursos financieros e institucionales adecuados.

La WCD (2000) destaca que la causa principal de que ocurran impactos ambientales y sociales en estos proyectos es la ausencia de requerimientos legales que obliguen a aplicar estándares específicos desde su inicio, así como la falta de mecanismos adecuados de reclamación que reflejen los derechos de las personas.

En Chile, son los proponentes de los proyectos hidroeléctricos quienes toman las decisiones respecto de su ubicación y tecnología, basándose en su factibilidad técnico-económica. La operación la determinan los centros de despacho de carga, basándose en minimizar el costo económico de generación, sujeto a restricciones técnicas que, a su vez, dependen de la tecnología escogida por el proponente. Finalmente, el SEA no exige presentar alternativas de proyecto. Por todo lo anterior, el esquema de evaluación ambiental chileno se basa completamente en la estrategia de mitigar los impactos de un proyecto (lugar, diseño y tecnología) seleccionado a priori (Meier et al., 2015). Hurwitz (2014, citado por Meier et al.) plantea que los estándares deben ser parte importante del modelo de negocios en la hidroelectricidad, ya que traen beneficios mutuos, tanto para las comunidades afectadas y el ambiente, como para los proponentes y desarrolladores de proyectos. El primer y más importante papel que sirven es proteger a aquellas personas que se ven afectadas por proyectos hidroeléctricos, así como la calidad ambiental, pero por otra parte, les permiten acotar sus riesgos a las compañías, gobiernos y, financistas de estos proyectos.

La propuesta de principios y criterios de sustentabilidad más completa realizada a nivel nacional, la elaboró la Consultora “Rubik Sustentabilidad” bajo petición de la división de Desarrollo Sustentable del Ministerio de Energía y bajo el contexto de la futura política energética del país. En el año 2017, la consultora elaboró un documento titulado “Propuesta de principios y criterios para un documento de referencia de buenas prácticas en hidroelectricidad sustentable en Chile” en el cual, se recopila todos los antecedentes recogidos en las mesas participativas de hidroelectricidad sustentable de la Agenda Energía 2050, el estudio de estándares internacionales y la participación de expertos de todas las áreas involucradas.

De esta forma, se establecieron cinco principios, dos transversales o rectores y tres específicos asociados a temáticas de relacionamiento comunitario, ambientales y de desarrollo local, según se presenta en la Figura 2.20.



Figura 2.20: Principios y criterios de Sustentabilidad. Fuente: Rubik Sustentabilidad (2017).

En el Anexo A se detallan estas propuestas y principios, de las cuales se extrae gran parte del análisis de Sustentabilidad del proyecto La Punilla que se efectúa en el Capítulo 4.

# Capítulo 3

## Embalse y Central Hidroeléctrica Punilla

### 3.1. Descripción general del proyecto

El proyecto Embalse y Central Hidroeléctrica Punilla consiste en un embalse multipropósito destinado para usos de riego y generación eléctrica, cuyas obras se ubicarán en la angostura de Punilla, en el curso superior del río Ñuble, aproximadamente 30 Km aguas arriba de la localidad de San Fabián de Alico, XVI Región de Ñuble. La Figura 3.1 muestra la ubicación del proyecto.

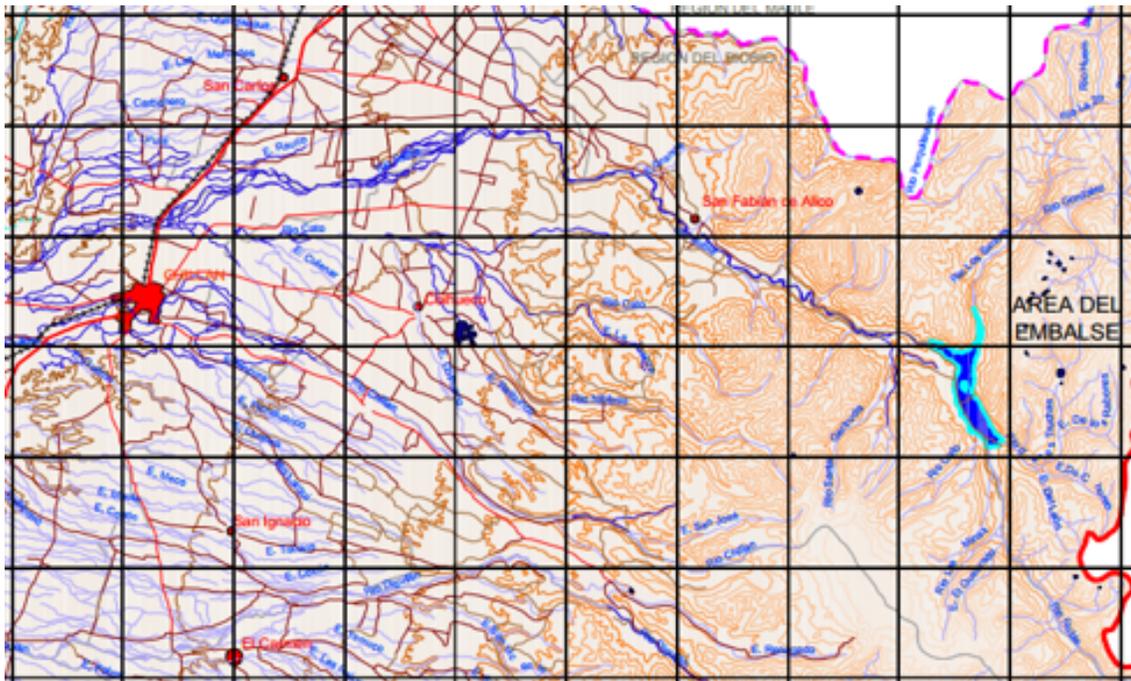


Figura 3.1: Ubicación del Embalse y Central Punilla. Fuente: EIA (2004).

El proyecto Punilla permite dar frente a los problemas de sequía y demanda creciente de energía eléctrica que presenta el país, y a su vez, promover el desarrollo agrícola y económico del sector. Los objetivos principales de esta obra son:

- Dotar a la zona con una reserva de agua dulce de capacidad de embalsamiento de 650 hm<sup>3</sup> y una reserva para sedimentos de 25 hm<sup>3</sup> para un lapso de operación superior a 100 años;
- Mejorar y extender el riego en el valle del río Ñuble (comunas de Coihueco, Chillán, Ñiquén, San Carlos, San Fabián y San Nicolás), lo que corresponde a 66.000 ha con una seguridad de riego de 85 %;
- Generar energía hidroeléctrica. Esta producción alcanzaría a los 525 GWh como promedio anual con una potencia nominal de 94 MW.

La construcción del embalse comprende el muro de presa y sus obras anexas, esto es, las obras de desvío temporal del río, las obras de evacuación, las obras de entrega a riego, las obras de desagüe de fondo, la central hidroeléctrica y las obras complementarias que corresponden al diseño de los caminos asociados y otras obras menores del proyecto. La Figura 3.2 detalla la disposición de las obras recién mencionadas.

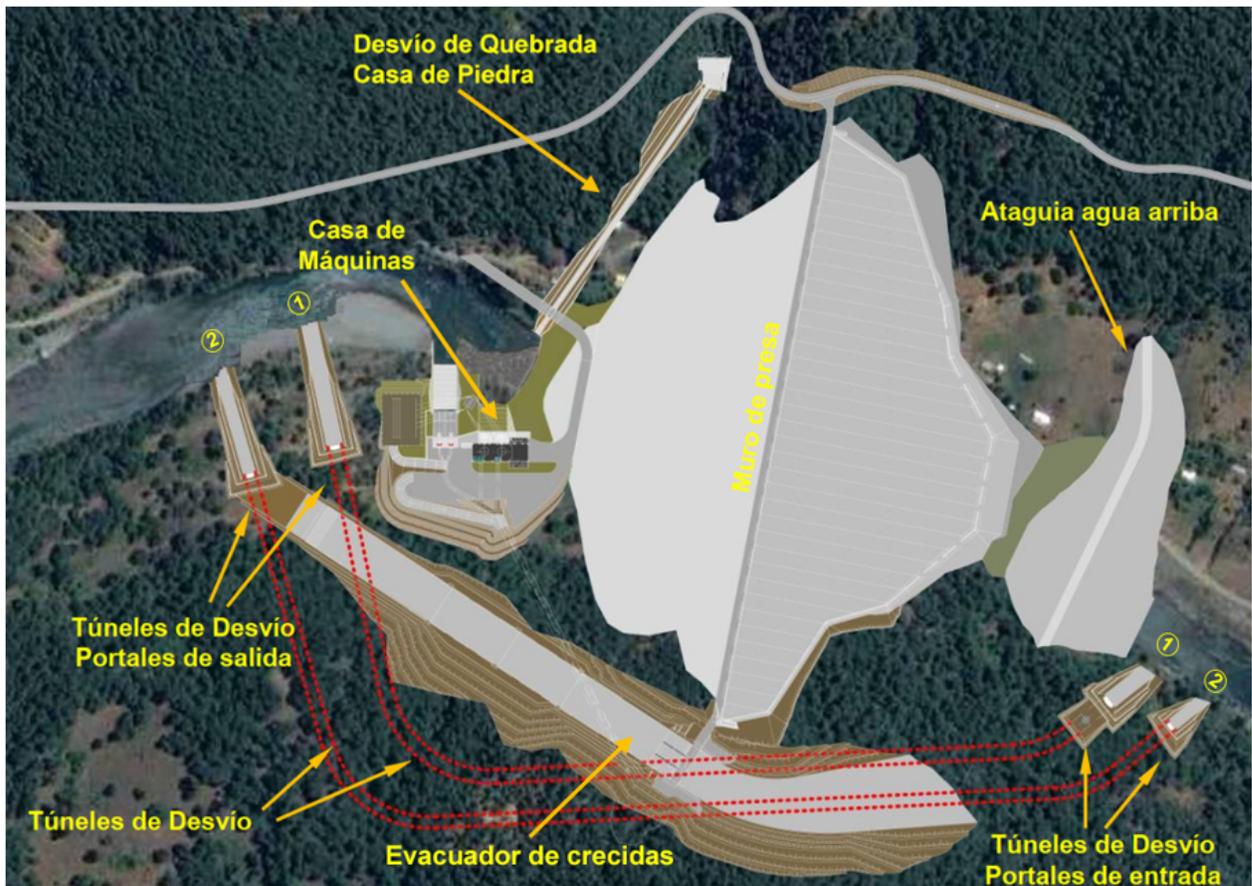


Figura 3.2: Vista en planta de las obras. Fuente: Astaldi (2015).

## 3.2. Estudios Preliminares

En esta sección, se presentan los estudios de Ingeniería preliminares realizados para evaluar la factibilidad técnico-económica del proyecto La Punilla. Esta documentación fue solicitada por medio de la ley N° 20.285 “Sobre acceso a la información pública” y es de autoría de la consultora de EDIC Ingenieros. Se resume a continuación, la información relevante para el presente trabajo de investigación.

### 3.2.1. Estudios Previos

El proyecto Embalse Punilla que se localiza en la cuenca alta del río Ñuble en la XVI Región del Ñuble, ex región del Bío Bío, ha sido objeto de estudios desde la década de los 60’ del Siglo XX, debido a sus favorables condiciones para desarrollar el riego del valle del río Ñuble con base en este embalse. Es así como los primeros estudios a nivel de prefactibilidad, fueron realizados, para la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas (MOP), en 1965, por la firma consultora inglesa Rendel, Palmer & Tritton, quienes entregaron el informe denominado “Factibilidad del Embalse Punilla y Proyecto de Regadío del Ñuble”. Posteriormente, en 1992, la Comisión Nacional de Riego (CNR) encargó un estudio denominado “Proyecto Itata. Estudio Hidrológico y Situación Actual Agropecuaria” a cargo de Pro-Itata Asociación de Profesionales. Este estudio sirvió como base para el estudio preliminar más importante, llevado a cabo en 1994, y desarrollado por el consorcio Ingendesa-Edic Ingenieros Ltda., por encargo de la Comisión Nacional de Riego. Este estudio, denominado “Estudio Integral de Riego Proyecto Itata”, tuvo como objetivo formular un programa de desarrollo integral de los recursos naturales disponibles en una extensa área de la cuenca del río Itata, comprendida entre el límite norte de la cuenca y el río Larqui por el sur (EDIC Ingenieros, 2004).

### 3.2.2. Estudio de Factibilidad

Considerando los antecedentes anteriores, la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del MOP decidió desarrollar en 1999, el Estudio de Factibilidad del Embalse Punilla, concebido como proyecto multipropósito para riego, energía y desarrollo turístico. Este estudio fue desarrollado por EDIC Ingenieros Ltda., y el Informe Final correspondiente fue editado a fines del año 2000.

#### Estudios en terreno

Para la evaluación de la factibilidad técnica del proyecto, se realizaron los siguientes estudios en terreno:

- **Trabajos Topográficos:** Traslado de coordenadas y cotas; Puntos de referencia en la zona de presa; Levantamiento Aerofotogramétrico del área de inundación del embalse abarcando una superficie de algo más de 5.500 ha; y Levantamiento Taquimétrico de la zona de presa abarcando una superficie de 129,5 ha.
- **Prospecciones zona de presa:** 7 sondajes verticales a rotación con una longitud total de 320 m; 15 calicatas en forma de profundidades entre 1,6 y 17,05 m, con una profundidad total excavada de 76,75 m; 10 perfiles sísmicos entre 175 y 250 m, con una longitud total de 1.975 m; y 7 sondajes eléctricos verticales.

- **Prospecciones Zona de yacimientos:** Se visualizaron 3 tres grandes zonas de yacimientos de materiales para la presa:
  - i) Zona Junta ríos Los Sauces y Ñuble
  - ii) Zona Terraza Chacayal
  - iii) Zona Planicie río Gato

Se realizaron 26 calicatas en zona Junta ríos Los Sauces y Ñuble, 10 en la zona Planicie río Gato y 1 de descarte en la zona Terraza Chacayal, ya que las visitas a terreno daban indicios de una mala calidad de material para relleno.
- **Estudio Geológico:** Geología regional del proyecto; Geología de la zona de la presa y la de zona inundada; y Riesgos Geológicos.
- **Estudio Geotécnico:** Modelo geológico-geotécnico del sitio de la presa y el vaso, que permita desarrollar el proyecto a nivel de factibilidad.
- **Estudios Sísmicos:** Incluyen los antecedentes y análisis para determinar las sollicitaciones sísmicas aplicables a las obras del proyecto.
- **Estudios Hidrológicos:** Estudio de los Recursos Hídricos Disponibles; Estudio de las Crecidas Afluentes al Embalse Punilla con períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 100 y 500 años, tanto pluviales como de deshielo; y Estudio de Sedimentación del embalse.

### 3.2.2.1. Factibilidad del proyecto

Las conclusiones más importantes del Estudio de Factibilidad se pueden resumir como sigue:

- El proyecto Punilla es una interesante alternativa tanto para desarrollar el riego del valle del río Ñuble, como para aprovechar el recurso en generación hidroeléctrica.
- Los indicadores económicos resultantes en la evaluación recomiendan continuar con el desarrollo del proyecto de detalle de este proyecto.
- El estudio de factibilidad realizado indicó que el proyecto concebido como multipropósito presenta sinergias positivas entre el sector riego y el de energía, lo que potencia la relación costo-beneficios. El proyecto concebido como de un solo propósito tiene menores rentabilidades.
- El tamaño óptimo de embalse sería aquél definido por la cota de presa 760 m s.n.m., que permite obtener un embalse de unos 600 hm<sup>3</sup>, con una presa del orden de 120 m de altura.
- La materialidad de la presa más conveniente es la de tipo CFRD, siendo la presa tipo RCC (Roller Compacted Concrete) de un costo de algo más del doble de la anterior (un 118 % superior).
- La solución de vertedero con compuertas es más conveniente que la solución sin compuertas, ya que su costo sería del orden de un 7,6 % inferior; y que un umbral de vertedero con tres vanos de compuertas de segmento, seguido de un rápido de descarga que termina en su extremo inferior en un salto de esquí corresponde a la solución óptima para este proyecto.

- La modalidad de operación óptima del embalse sería privilegiar la producción de energía eléctrica en invierno y el riego en verano. Con esto se lograría instalar una central de unos 92 MW y regar unas 66.000 ha.
- Este proyecto presenta interesantes condiciones como para ser ofrecido en concesión al sector privado. No obstante, se requiere que el Estado entregue un subsidio que dependerá de los riesgos que se adopten en la comercialización de las aguas del embalse.
- El desarrollo turístico se considera como un “plus” del proyecto a ser desarrollado por el concesionario del embalse.

### **3.3. Diseño de Detalle**

En conformidad con las conclusiones del Estudio de Factibilidad, la DOH del MOP decidió continuar con los estudios de desarrollo de este proyecto. Seleccionó al embalse Punilla como uno de los proyectos de infraestructura que se ejecutaría mediante los mecanismos previstos en la Ley de Concesiones de Obras Públicas. En consecuencia, el diseño de detalle del proyecto Punilla fue licitado a fines del año 2001 y adjudicado a la empresa consultora EDIC Ingenieros Ltda., quien desarrolló el diseño a nivel de detalle de la presa y sus obras asociadas, vale decir, túneles de desvío, vertedero evacuador de crecidas, desagüe de fondo del embalse, caminos de acceso, túnel de tubería y caminos de acceso, etc. y a nivel de diseño básico o anteproyecto, las obras de la central hidroeléctrica. A continuación, se presenta el resumen del diseño mencionado, cuya información es obtenida en su totalidad del documento “Diseño Embalse y Central Punilla” cuya autoría corresponde a EDIC Ingenieros (2004).

#### **3.3.1. Revisión Crítica de Estudio de Factibilidad**

Se realiza una revisión crítica del Estudio de Factibilidad para dar con aquellos temas susceptibles a mejora, en los cuales existe una razonable duda de la información disponible debido al alcance limitado de dicho estudio. Se concluye que es necesario efectuar trabajos adicionales para complementar la información necesaria para el proyecto. En topografía, se necesita efectuar levantamientos de detalle en la zona de las obras. En prospecciones, se requiere efectuar exploraciones adicionales con sondajes, pozos y geofísica en la zona de presa y calicatas en el área de yacimientos. En cuanto a geología y geotecnia, se requiere profundizar los estudios para llevarlos al nivel que requiere un proyecto definitivo.

### 3.3.2. Estudios en Terreno

En esta sección se incluye información de los estudios en terreno necesarios para complementar los antecedentes obtenidos en el Estudio de Factibilidad, de tal manera de disponer así de la información apropiada para las fases de diseño.

#### Trabajos Topográficos

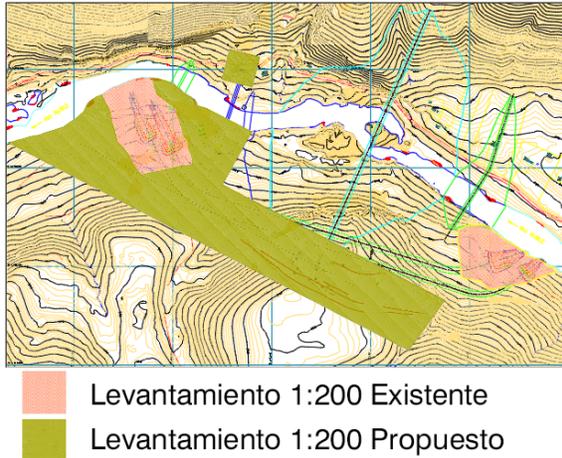


Figura 3.3: Levantamientos Zona de Presa.  
Fuente: EDIC (2004).

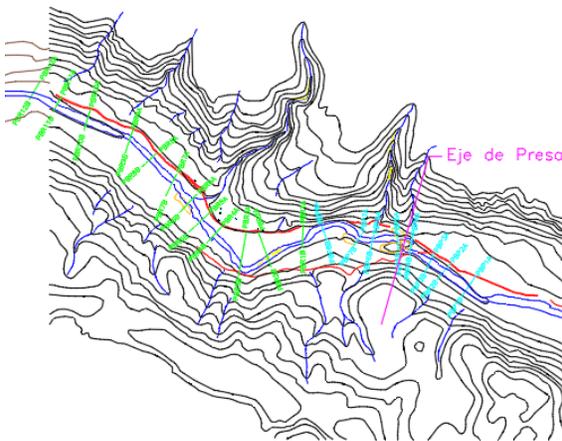


Figura 3.4: Perfiles Topobatimétricos en zona de presa y aguas abajo. Fuente: EDIC (2004).

Se disponía de un levantamiento taquimétrico detallado, efectuado en el Estudio de Factibilidad, escala 1:500 de todo el sector de presa y sus obras anexas, y de un levantamiento de detalle escala 1:200 de las bocas de entrada y salida de los túneles de desvío. Se complementa dichos antecedentes con levantamientos taquimétricos de detalle escala 1:200 en el área del evacuador de crecidas, en la zona de la casa de máquinas de la central hidroeléctrica y obras de entrega a riego, y patio de alta tensión. La Figura 3.3 detalla estos levantamientos, en donde las líneas celestes dibujan el cuerpo de la presa (EDIC Ingenieros, 2004).

Además, se realizan 8 perfiles topobatimétricos cubriendo el tramo del río Ñuble entre la zona de las bocas de entrada y de salida de los túneles de desvío, y 12 perfiles aguas abajo de la zona de la presa, ambos a escala 1:100. Los perfiles aguas abajo se realizaron con el objeto de contar con la información topográfica necesaria para el cálculo de ejes hidráulicos. La Figura 3.4 muestra en celeste y verde, a los 8 y 12 perfiles mencionados, respectivamente. Además, se efectúa un levantamiento aerofotogramétrico, escala 1:5.000 que se basará en fotogramas existentes de escala 1:20.000, correspondiente a un vuelo SAGAL de marzo de 1986, y que abarca toda el área de inundación del embalse.

## Prospecciones y Ensayos

En un principio, se considera la ejecución de las siguientes prospecciones (sumado a los respectivos programas de pruebas y ensayos a desarrollar in situ y en laboratorio):

- 15 sondajes geotécnicos, que significan una perforación total de aproximadamente 600 m.
- 7 perfiles de refracción sísmica con una longitud total de aproximadamente 1.500 m.
- 10 perfiles geoelectrónicos verticales con una longitud total de aproximadamente 2.175 m.
- 30 calicatas para el estudio de la zona de la presa, obras anexas y central hidroeléctrica, con profundidades variables entre 4 y 12 m, y una profundidad total de 132,20 m.
- 40 calicatas para el estudio y evaluación de yacimientos.
- 120 calicatas para el estudio de los materiales a excavar en caminos y sus obras de arte.

Se modifica la ubicación de 2 sondajes y se incorpora un adicional, para estudiar la nueva posición del túnel de desvío N°2. Además, atendiendo a las necesidades del proyecto y recomendaciones del panel de expertos internacionales (Detallado en la sección 5.1), se determinó la necesidad de agregar sucesivamente 6 sondajes adicionales en distintas ubicaciones en ambas laderas, con el objeto de aclarar y precisar las condiciones geotécnicas de implantación de las obras. En especial, lo que se refiere al trazado del plinto en la ladera derecha o norte, y a lo largo del trazado de ambos túneles de desvío y del sector medio del evacuador de crecidas, en particular en la zona del cruce del profundo paleocauce<sup>1</sup> de la quebrada lateral existente inmediatamente aguas abajo del espaldón sur del muro de presa (EDIC Ingenieros, 2004).

### 3.4. Disposición Final de obras

A partir del análisis crítico del estudio de factibilidad, sumado a las conclusiones obtenidas de los estudios en terreno, se realizan las optimizaciones necesarias en cuanto a las dimensiones, ubicación, características y costos de las obras del proyecto. Se mantuvo la concepción de que las obras de desviación estén integradas por una ataguía de aguas arriba, dos túneles de desvío y una ataguía de aguas abajo. Se consideró adicionalmente el uso combinado de las obras de desvío, entrega a riego, desagüe de fondo y aducción de la central hidroeléctrica. Para este efecto, en uno de los túneles de desvío, el de mayores dimensiones (Túnel N°1), se dispuso una serie de elementos relacionados con estas últimas obras. El otro túnel está destinado sólo al desvío del flujo del río y se considera cerrarlo en definitiva mediante un tapón de hormigón (EDIC Ingenieros, 2004). A continuación, se detalla la disposición y diseño final de las obras que componen al embalse y central hidroeléctrica Punilla, así como también, las obras necesarias para su construcción.

#### 3.4.1. Tamaño del embalse

Sobre la base de las recomendaciones del informe final del Estudio de Factibilidad del Embalse Punilla, la DOH fijó la capacidad total del embalse en  $625 \text{ hm}^3$ , de la que resulta

<sup>1</sup> Paleocauce: tramo de cauce (fluvial) que ha sido abandonado por el cambio de curso de un río.

una capacidad útil de  $600 \text{ hm}^3$ . De acuerdo con los antecedentes que definen la curva de capacidad de embalse en función de la cota, se ha determinado que el nivel de aguas máximo normal será la cota 757,10 m.s.n.m. y el nivel mínimo de operación será la cota 679,00 m.s.n.m.

### 3.4.2. Ubicación de la presa

Se analizan 3 alternativas, las cuales se resumen a continuación:

1. **Eje de Factibilidad:** Corresponde al eje de presa mencionado en el párrafo anterior. Involucra la construcción de una obra de desvío para la quebrada Casa de Piedra. El costo asociado a este eje corresponde a 23.886 miles US\$.
2. **Eje Modificado:** Corresponde a una modificación del eje de factibilidad mediante una rotación en torno del empotramiento sur, de modo que el cauce de la quebrada quede fuera del cuerpo de la presa. El costo asociado a este eje corresponde a 27.633 miles US\$.
3. **Eje Tercero:** Ubicado aguas abajo de los dos anteriores y cuya característica principal es dejar la quebrada Casa de Piedra cayendo sobre el talud de aguas arriba de la presa y así aprovechar este cauce. El costo asociado a este eje corresponde a 30.655 miles US\$.

Por lo tanto, se mantiene el eje definido en el Estudio de Factibilidad y se dispone una obra de desvío de las crecidas de la quebrada Casa de Piedra, de modo que se evite la interferencia del cauce natural de la quebrada con los rellenos de la presa.

### 3.4.3. Obras de desvío del río

Se modificó el *trazado de los túneles de desvío*, desplazando los portales de entrada aproximadamente 50 m hacia aguas arriba y algo hacia el interior del cerro, con el objeto de garantizar un techo de roca mínimo adecuado. Las obras de desviación quedan constituidas por dos túneles de gran sección excavados en roca a través del empotramiento izquierdo de la presa y una ataguía de poco más de 30 m de altura que permite soportar la carga necesaria para evacuar una crecida de período de retorno 30 años ( $2.450 \text{ m}^3/\text{s}$ ), con una carga de agua coincidente con la cota de coronamiento de la ataguía de aguas arriba (672,60 m).

#### Portales de entrada y salida

Los portales de entrada y salida se localizan en un macizo rocoso de buena calidad geotécnica. La excavación de entrada del túnel propiamente tal tendrá un ancho basal de 16 m para el túnel 1 y de 11,8 m para el túnel 2, con taludes en roca 1:3 (H:V) y taludes en suelo de 1,0:1.7 (H:V). La Figura 3.5 muestra el Modelo 3D desarrollado para estudiar el proceso de excavación.

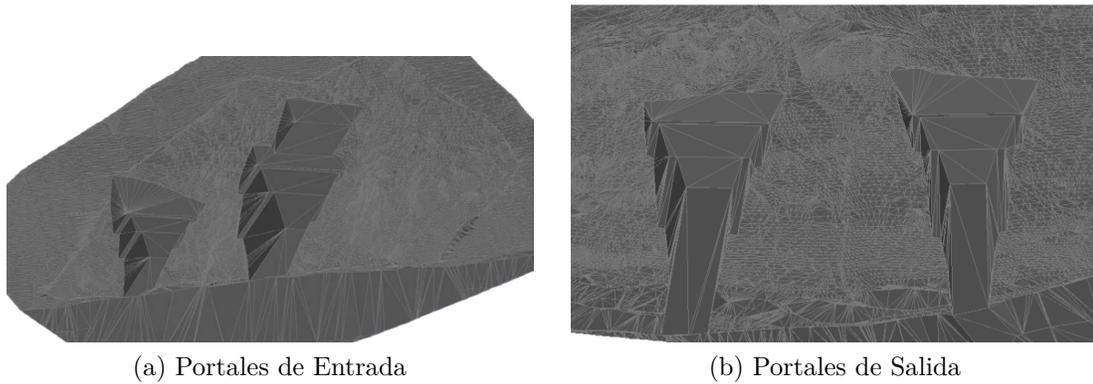


Figura 3.5: Modelo 3D de excavaciones para los portales. Fuente: Astaldi (2015).

### Túneles de desvío

Los túneles tendrán sección con forma de herradura normal con fondo plano. La sección útil para el Túnel 1 será de 12,8 m de altura y ancho, y para el Túnel 2 tendrá 10,6 m en ambos sentidos. Ambos estarán provistos de un radier de hormigón de 0,3 m de espesor.

Tal como se ha señalado anteriormente, el Túnel N° 2 será utilizado únicamente como túnel de desvío temporal durante la construcción de las obras del embalse Punilla. Una vez terminada la obra, este túnel deberá cerrarse para iniciar el llenado del embalse. En cambio, el Túnel N° 1 será cerrado al término de la colocación de los rellenos de la presa y en su interior se construirán las obras de entrega a riego y aducción de la central hidroeléctrica, ya que, pasará a ser el túnel de Toma. La Tabla 3.1 muestra las características principales de ambos túneles.

Tabla 3.1: Características de túneles de desvío. Fuente: EDIC (2004).

Túneles proyectados	Túnel 1	Túnel 2
Diámetro [m]	12,8	10,6
Longitud Total [m]	958	1.146
Forma de la sección	Herradura normal fondo plano	
Caudal effluente desviado [ $m^3/s$ ]	1.212	786

### Ataguía Aguas arriba

La ataguía de aguas arriba es una presa del tipo homogéneo con un cuerpo central de gravas arenosas limpias y compactadas, de 28 m de altura con una cota de coronamiento igual a 673,0 m.s.n.m., y taludes 2,5:1,0 por aguas arriba y de 1,75:1,0 por aguas abajo. Permitirá desviar el caudal del río Ñuble hacia los túneles. El trazado en planta del eje de la ataguía muestra una curva para adecuar esta presa a la configuración de los taludes donde se apoya. La cota superior de esta ataguía está determinada por la carga hidráulica necesaria para permitir el paso de la onda de crecida de probabilidad de ocurrencia de 1 vez en 30 años, cuyo caudal máximo es de  $2.450 m^3/s$ .

## Ataguía Aguas abajo

Para evitar la inundación de las faenas por las aguas que salen de los túneles de desvío y puedan devolverse, se construirá en una primera fase la ataguía aguas abajo, consistente en una presa de 12 m de altura con taludes 1,75:1,0 en ambos lados, la que quedará formando parte del cuerpo de la presa y constituirá el pie inferior de ella. Su cota de coronamiento (652,0 m.s.n.m.) queda determinada por el límite de seguridad adoptado para este acceso, el que corresponde a una crecida de probabilidad 1:1.000 ( $Q=2.500 \text{ m}^3/s$ ) evacuada por los túneles de desvío. Además, el ancho de coronamiento es de 10 m, adecuado para el tránsito de los vehículos pesados que transportarán las unidades generadoras que serán instaladas en la casa de máquinas.

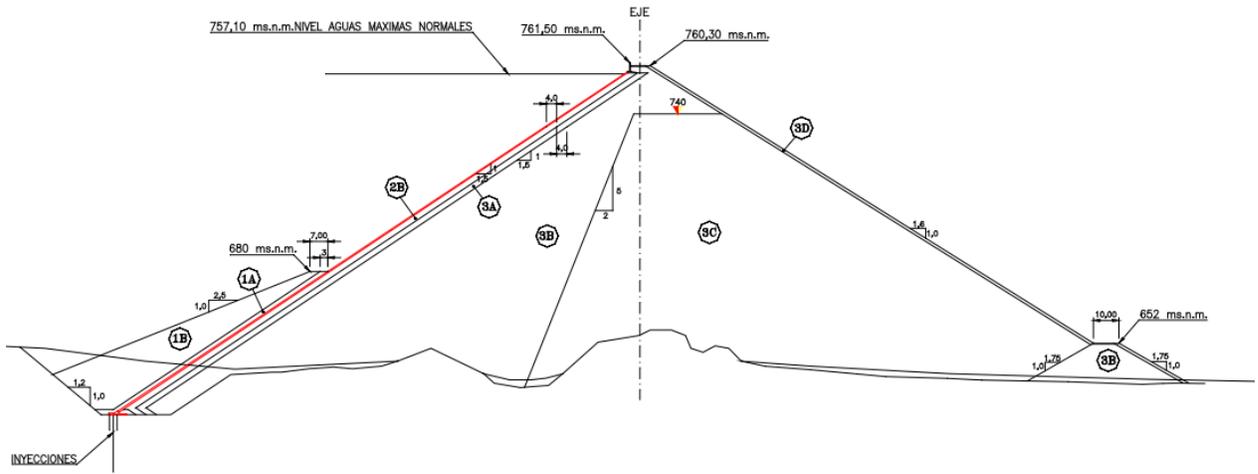
## Desvío de Quebrada Casa de Piedra

Complementariamente a las obras de desvío del río, se deben realizar las obras de captación y desvío de las aguas provenientes de la Quebrada Casa de Piedra (hoya de  $3 \text{ Km}^2$ ) para entregarlas directamente al río Ñuble. Estas obras estarán constituidas por una piscina de disipación del flujo de la quebrada y de decantación de los materiales de arrastre, la que se forma mediante la construcción de un muro frontal al cauce de la misma, provisto de un vertedero de descarga. Luego, se desarrolla un rápido de descarga que termina en un colchón disipador, del cual se entregan las aguas al cauce del río Ñuble. Con esto se logra evitar interferencias con los rellenos del muro de la presa, aguas abajo, en su estribo derecho. La quebrada Casa de Piedra corresponde a un cauce natural, de fuerte pendiente (25 % en promedio), que presenta un flujo permanente de agua durante todo el año, del cual se abastecen los pobladores del sector.

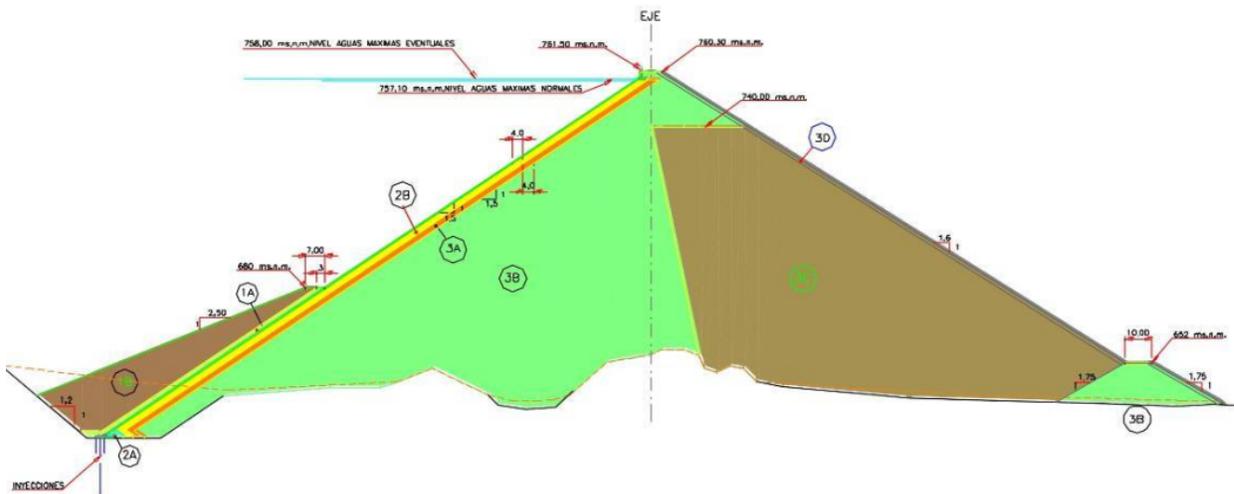
### 3.4.4. Muro de Presa

La presa será de tipo CFRD (Concrete Face Rockfill Dam), constituida por rellenos de gravas con una pantalla de hormigón en el talud de aguas arriba. Este tipo de presa se adecúa a las características del sitio de emplazamiento del muro, ya que, los materiales de relleno serán extraídos de yacimientos ubicados en el vaso del embalse.

La cota de fundación del plinto queda determinada por las condiciones del basamento rocoso en el perfil de este elemento. De acuerdo con las prospecciones efectuadas, la cota mínima de fundación del plinto es 625 m.s.n.m. La altura de la presa Punilla será de 136 m, medida de este último nivel hasta la cota de borde superior de parapeto 761,50 m.s.n.m., con un largo máximo de estribo a estribo de  $L=501 \text{ m}$ . Los taludes de la presa elegidos son de 1.5:1.0 (H:V) para el talud de aguas arriba y 1.6:1.0 (H:V) para el talud de aguas abajo. La Figura 3.6 muestra el cambio efectuado en los rellenos de la presa, respecto al diseño original. Esto según lo establecido en la norma “Criterios presas de gran altura”, que ha modificado en los últimos años los parámetros de distribución de los rellenos masivos y refuerzos en las juntas de pantalla sometidas a compresión, en presas de garganta angosta y de altura similar al embalse Punilla.



(a) Corte tipo de la Presa en Diseño Básico



(b) Corte tipo de la Presa en Diseño de Detalles

Figura 3.6: Sección Transversal Presa Punilla. Fuente: Astaldi (2015).

En las cercanías del área de implantación de la presa se encuentran materiales del tipo gravas de buena calidad para efectuar los rellenos, así como también áridos para los hormigones de las obras anexas a la presa (vertedero, túneles, obra de entrega a riego, etc.) y de la casa de máquinas de la central hidroeléctrica asociada. Los rellenos de la presa se apoyan directamente sobre los materiales aluviales y coluviales del río, con excepción del plinto de hormigón armado sobre el que remata la pantalla, que se apoya sobre la roca basal de la angostura. La presa se impermeabiliza por medio de una pantalla de hormigón armado en el talud de aguas arriba que se apoya directamente sobre los rellenos de ésta. El espesor de la pantalla es variable, con un mínimo de 0,30 m a la cota 757,10 (nivel de aguas máximas normales), llegando a un espesor de 0,66 cm a la profundidad de fundación (cota 625 m.s.n.m.). La pantalla descansa en su parte inferior directamente sobre el plinto, el cual se sella mediante una cortina de inyecciones. La pantalla será construida con hormigón de  $f'c = 21$  Mpa.

El coronamiento de la presa Punilla deberá quedar habilitado para el tránsito de vehículos, que permitan acceder al vertedero, ubicado en el extremo sur, desde el camino de acceso

que discurre por la ribera norte del embalse. Entre las obras de terminación se incluyen, la conexión del coronamiento con el camino de acceso, la habilitación de éste como camino, las barandas y aceras para peatones.

### 3.4.5. Obras de Evacuación de crecidas

Las obras de evacuación del embalse Punilla estarán constituidas por un vertedero frontal controlado por compuertas, seguido de un rápido de descarga y un salto de esquí que lanzará las aguas al lecho del río Ñuble, aguas abajo de la presa. Todas estas obras se disponen en el empotramiento izquierdo de la presa. Las aguas del embalse son guiadas hacia el vertedero por medio de un gran canal de aproximación excavado en la ribera izquierda del embalse. Así, las obras principales de evacuación de crecida son: Canal de aproximación, Estructura de compuertas, Rápido de descarga y Salto de esquí. La Figura 3.7 muestra una vista en planta de la obra en su conjunto.

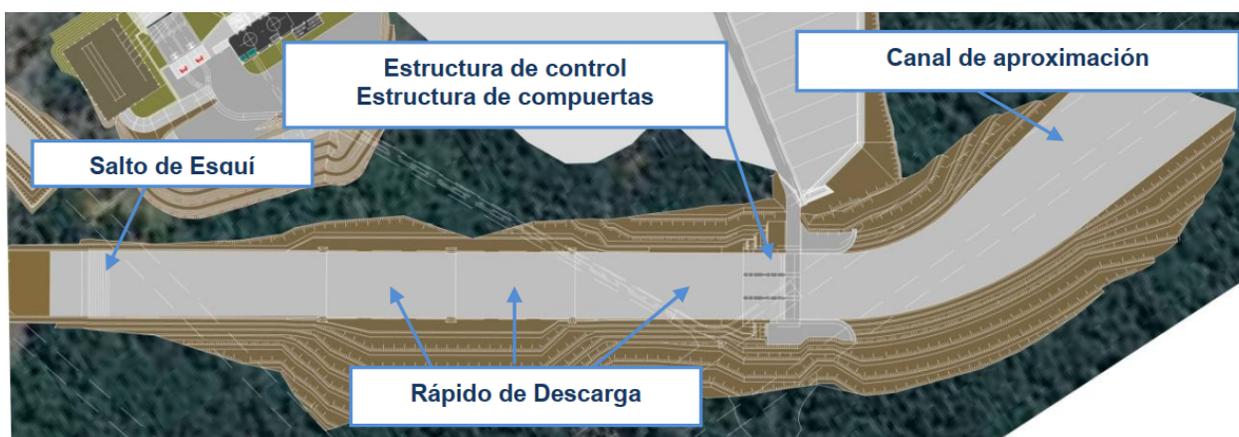


Figura 3.7: Vista en planta de evacuador de crecidas. Fuente: Astaldi (2015).

El paso a través de este vertedero de una crecida de probabilidad de ocurrencia 1 en 10.000 años determina un nivel eventual de las aguas a la cota 759,4 m quedando un resguardo al coronamiento de 2,0 m. El caudal efluente en este caso será  $5.930 \text{ m}^3/\text{s}$ . La capacidad máxima del vertedero, con una carga igual a 21,1 m (nivel máximo igual al borde superior del parapeto), sería de  $6.840 \text{ m}^3/\text{s}$  de caudal efluente, lo que permitiría evacuar una onda de crecida de caudal máximo igual a  $8.950 \text{ m}^3/\text{s}$ . La estructura de compuertas cuenta con 3 compuertas de 11 m de ancho y 17,1 m de largo, separadas por machones de hormigón de 2,5 m de espesor y una altura máxima de 26,15 m. El rápido de descarga es una estructura rectangular de 38 m de ancho, en la cual se distinguen tres tramos típicos: un primer tramo que se origina en la estructura de compuertas, de corta longitud y de pendiente fuerte (40 %), un tramo intermedio de baja pendiente (10 %) y un tramo final de muy baja pendiente (6 %).

### 3.4.6. Obras de Entrega a riego y descarga de fondo

Las obras de Entrega a Riego conforman un sistema de obras de captación, conducción, control y entrega, que permite captar las aguas desde el embalse, conducir las aguas hacia aguas abajo de la presa y entregarlas al lecho del río Ñuble. Estas obras son comunes con las obras de aducción de la central hidroeléctrica, separándose de éstas sólo a partir de las bifurcaciones

de la tubería de conducción, que separan la entrega a riego de la entrega a la central. Las obras de entrega a riego están constituidas por las siguientes partes principales:

- **Obra de toma en el embalse Punilla:** Constituida por una torre de toma de forma cilíndrica en la base y octogonal en la parte superior, con vanos de 3,20 m de ancho por 4,00 m de altura, por donde se captarán las aguas del embalse. Se dispone además, un pique circular de 9 m de diámetro excavado en los primeros metros del Túnel de Desvío N° 1. Permite conectar el túnel con el embalse por medio de un embudo de entrada de radio 5 m.
- **Túnel de Aducción:** Corresponde al primer tramo del Túnel de Desvío N° 1, entre la boca de entrada y el Tapón de Cierre.
- **Tapón de cierre:** Estructura de hormigón sin armar de 15 m de longitud, que cerrará completamente la sección del túnel de desvío 1, dejando dos conexiones entre el sector en presión y el sector de aguas abajo.
- **Caverna de Válvulas:** Contempla la cámara de válvulas (válvula mariposa de 4,35 m y puente grúa de 70 tonf para instalación), la salida de la tubería por el túnel de tuberías, el recinto del desagüe de fondo, los espacios destinados a la operación de estos equipos y el acceso desde el exterior.
- **Túnel de tubería:** Obra que permite que la tubería de aducción salga al exterior conduciendo las aguas desde la válvula mariposa de cierre hasta las turbinas y válvulas difusoras. Para cumplir con esta finalidad, el túnel de tubería tendrá una sección tipo herradura de 8 m de ancho (bóveda de 4,0 m de radio) por 7,0 m de altura. En el interior del túnel la tubería ocupa el sector derecho (mirando en el sentido del flujo), de modo tal que su propio eje queda desplazado 1,10 m a la derecha del eje del túnel. De este modo queda un pasillo de 2,40 m de ancho mínimo que permite el tránsito de un vehículo liviano para el acceso a la Caverna de Válvulas.
- **Tubería de Aducción:** Se origina en el Tapón de Cierre del Túnel 1, se controla con una válvula de mariposa, luego de un corto recorrido por el interior del túnel sale hacia el exterior por el Túnel de Tubería. La tubería de materialidad de acero y de 4,35 m de diámetro, quedará anclada por medio de tres machones, uno en la curva inicial, otro en el centro del túnel y el tercero en el exterior que abarcará todas las curvas y bifurcaciones de distribución tanto a las turbinas como a las válvulas. Los apoyos intermedios serán sillas de hormigón armado, separadas del orden de 18 m entre si.
- **Sistema de Bifurcaciones:** La tubería única de aducción se bifurca en dos ramas idénticas que alimentan alternativamente a los grupos turbina generador de la casa de máquinas o a las válvulas disipadoras y de entrega a riego.
- **Casa de Válvulas:** La estructura tiene dos módulos independientes unidos por un muro central, y cada módulo consta de dos recintos: el primero destinado a la instalación de la tubería de distribución y la válvula de protección del tipo mariposa (D=2,5 m); el segundo recinto corresponde a la cámara de disipación. En esta, se ubica la válvula disipadora, del tipo Howell-Bunger (HB) de 1,55 m de diámetro, la cual queda empotrada en el muro que separa ambos recintos. El eje de la válvula HB se ha dispuesto a la cota 649,00, de modo que quede por encima de las aguas del río Ñuble incluso en el caso de

ocurrir crecidas de gran magnitud. El ancho total de la casa de válvulas es de 21 m, su longitud de 34,10 m y una altura interior de 11,60 m.

- **Canal de descarga:** Corresponde a la estructura que entrega las aguas al río Ñuble desde la Casa de Válvulas. Tiene forma trapezoidal de 21 m de ancho y longitud del orden de 40 m, talud 1:3 (H:V) y quedará excavado en roca. Su piso tendrá una pendiente de 20 %.
- **Desagüe de Fondo:** Capta sus aguas a través del tapón de hormigón que cierra la sección del Túnel 1 de desvío, por medio de un ducto revestido con palastro metálico. Está controlado por 2 compuertas planas de 1.80 x 2.40 m. Estas permiten descargar desde el embalse ya sea con fines de control de llenado del embalse, descenso de niveles en caso de emergencia, complementar la capacidad del evacuador de crecidas, o como obra de entrega a riego en caso de falla de las obras destinadas a dicho fin. Las aguas descargadas por el desagüe de fondo son conducidas por una canalización de hormigón construida especialmente en el túnel 1 y son entregadas directamente al cauce del río Ñuble. Dicha canalización será de forma trapezoidal, con un radier armado de 0,30 m, de 9,00 m de ancho, construido sobre el radier primitivo del túnel, y paredes de talud 1:3 hasta 3,10 m de altura y de 1:5 desde los 3,10 m hasta el ecuador del túnel.

Las Figuras 3.8 y 3.9 detallan las disposiciones de las obras de entrega a riego y generación.

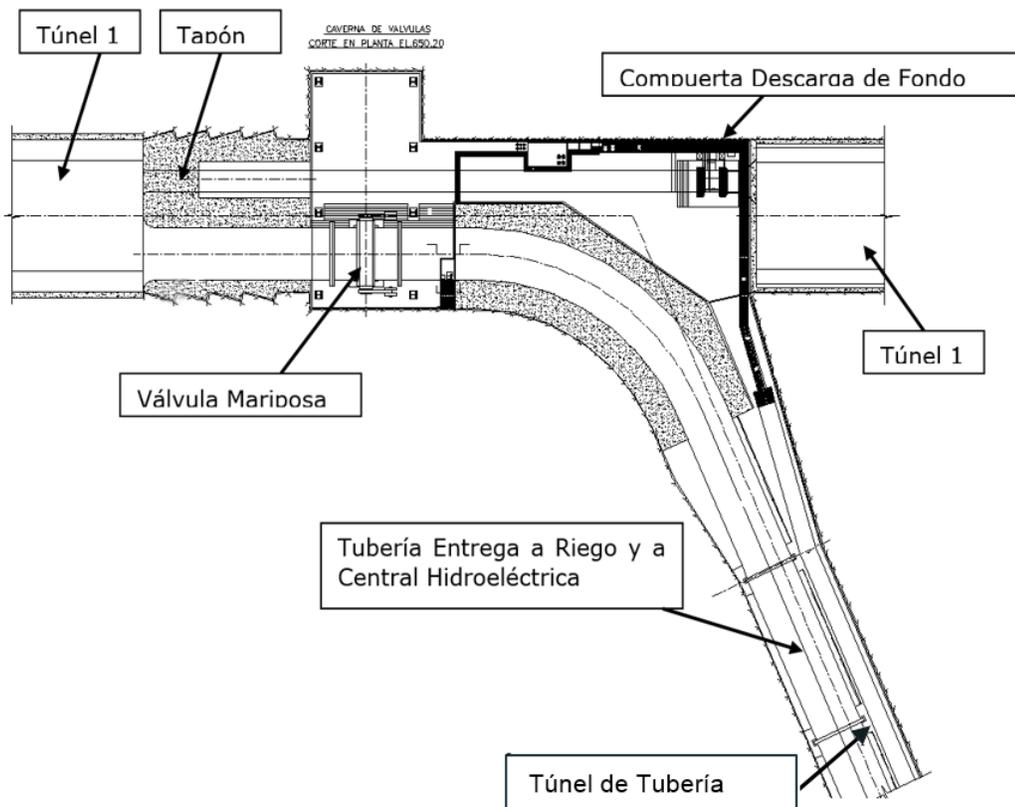


Figura 3.8: Vista en planta de zona del tapón de hormigón y caverna de válvulas. Fuente: Astaldi (2015).

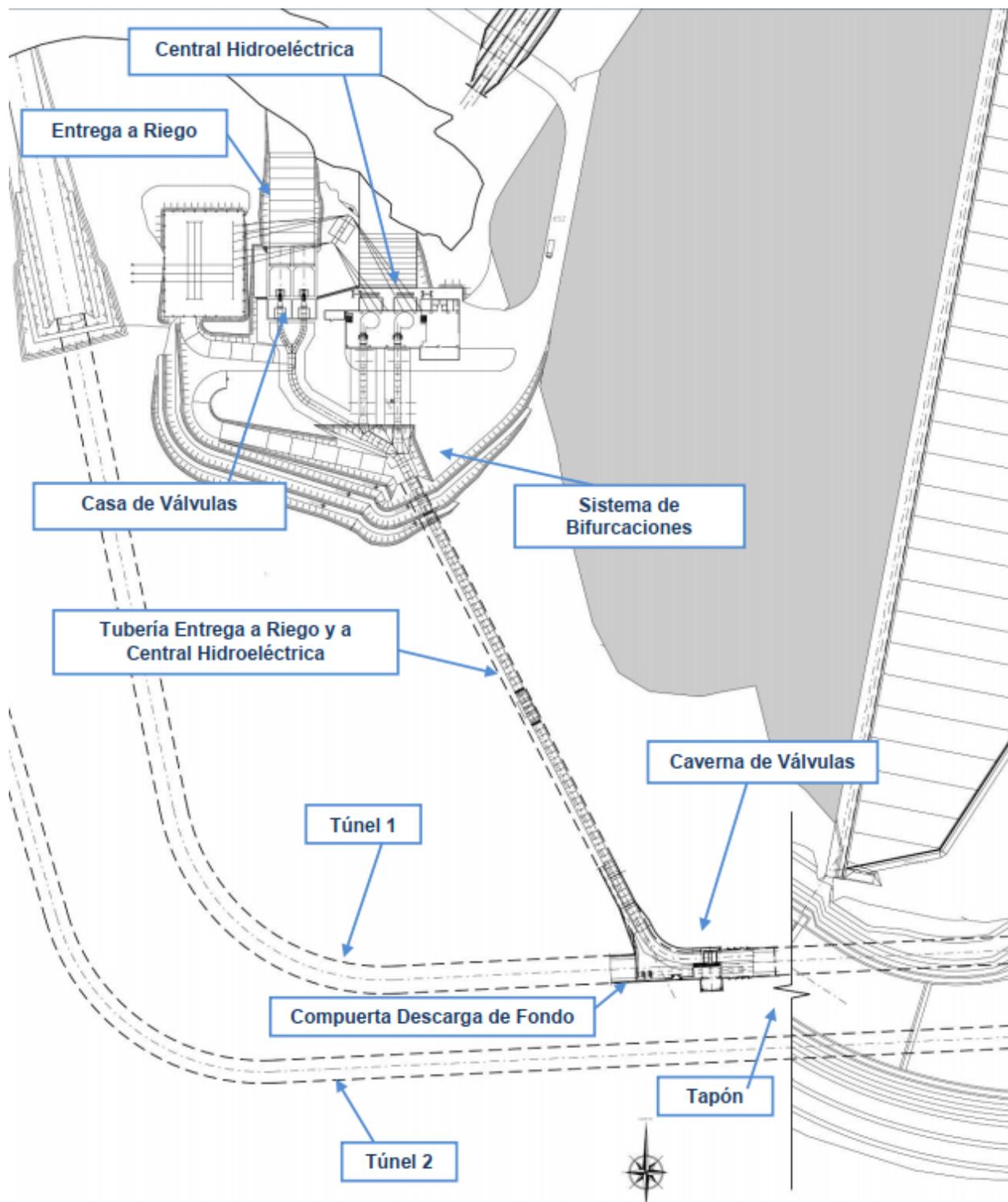


Figura 3.9: Vista en planta de las obras de entrega a riego y generación eléctrica. Fuente: Astaldi (2015).

### 3.4.7. Central Hidroeléctrica

La central hidroeléctrica se ubica a pie de presa en la ribera izquierda, en un sector exterior situado entre la presa y la boca de salida de los túneles de desvío. Tiene una aducción común con las obras de entrega a riego, optimizando el aprovechamiento multipropósito de las aguas del embalse. El acceso se logra desde la ribera derecha pasando por el camino que se deja en el talud de aguas abajo de la presa a la cota 652 m.s.n.m. Este camino sirve para conectar en forma expedita la central con el patio de alta tensión, ubicado al lado de la Casa de Máquinas. La central tendrá una potencia nominal instalada de 94 MW producto de un caudal de diseño de  $104,0 \text{ m}^3/\text{s}$  y una caída neta de diseño de 103,2 m. Constará de dos unidades generadoras instaladas en el interior del edificio de Casa de Máquinas, cada una de ellas compuesta por una turbina Francis y un generador sincrónico trifásico, además de los correspondientes equipos auxiliares mecánicos y eléctricos, el cual entrega la energía en una tensión de 13,8 kV a transformadores de poder que elevan a la tensión económica de transmisión de 154 kV. Estos transformadores se ubican hacia el costado norte del edificio de casa de máquinas, en una plataforma a la cota 652,30 m. La casa de máquinas será un edificio de planta rectangular de 17,55 m de ancho por 57,15 m de longitud, en el cual se pueden distinguir los siguientes niveles:

- Piso de Montaje cota 652,00 m;
- Piso Principal cota 647,99 m;
- Piso de Generadores cota 643,87 m;
- Piso de Turbinas cota 639,58 m;
- Piso de Difusores cota 633,78 m;
- Eje de la turbina cota 637,28 m;
- Fondo del difusor cota 628,99 m.

La subestación eléctrica (S/E) se localiza al poniente de la casa de máquinas en una plataforma localizada a la cota 658 m.s.n.m., para tener suficiente altura para la salida de los cables de alta tensión.

# Capítulo 4

## Análisis de Sustentabilidad del Proyecto Punilla

Siguiendo las recomendaciones del Capítulo 2.5 sobre hidroelectricidad sustentable, se enmarca el análisis de sustentabilidad del proyecto bajo la gestión integrada de las cuencas, siendo estas la unidad hidro-geológica para el análisis de proyectos de infraestructura y gestión hídrica. Para ello, se hace una revisión de mayor a menor escala de los instrumentos públicos de gestión, analizando por último el EIA del proyecto y los sucesos ocurridos en torno al conflicto socioambiental.

### 4.1. Cuenca del Río Itata

La Cuenca del Río Itata es del tipo exorreica<sup>1</sup>, la cual atraviesa la Región del Ñuble, desde su origen cordillerano en el Complejo Volcánico Nevados del Chillán hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. Su caudal se alimenta de las subcuencas del Río Ñuble y el Río Itata por un régimen pluvial-nival con crecidas entre los meses de Mayo-Julio y Septiembre-Noviembre, respectivamente. La cuenca alberga el Corredor Biológico Laguna del Laja-Nevados de Chillán, la Reserva Nacional Huemules de Niblinto y el Parque Nacional Laguna del Laja.

La División de Estudios y Planificación de la DGA publica el año 2014 el informe “Inventario de Cuencas, Subcuencas, y Subsubcuencas de Chile” en el cual se detalla la distribución geográfica de las mismas. La cuenca del río Itata tiene código “081” y se detalla junto a sus subcuencas en la Figura 4.1 y en la Tabla 4.1.

<sup>1</sup> Una cuenca exorreica es un sistema abierto de circulación de agua por la superficie de la tierra, cuyos ríos principales de recolección y desagüe desembocan en el mar, es decir fuera del territorio.

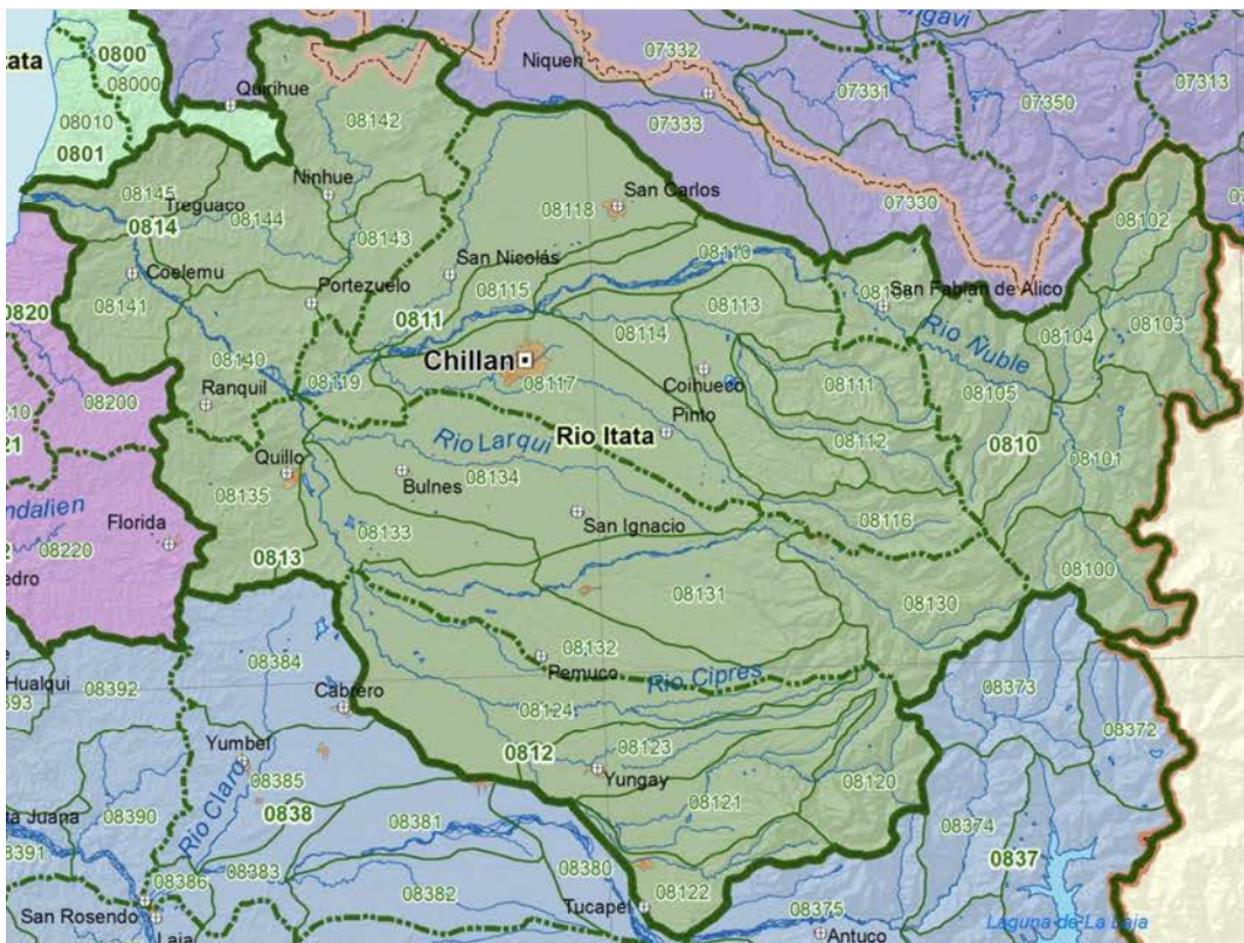


Figura 4.1: Cuenca y Subcuencas del Río Itata. Fuente: DGA (2014).

Tabla 4.1: Cuencas y Subcuencas del Río Itata. Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2014).

Cuenca	Subcuenca	Nombre	Área [km <sup>2</sup> ]
081	0810	Ñuble Alto	1810
	0811	Ñuble Bajo	2965
	0812	Río Itata Alto (Hasta Río Diguillín)	1846
	0813	Itata Medio	2775
	0814	Itata Bajo	1932

La hoya hidrográfica del río Itata alcanza una superficie de  $11.327 \text{ km}^2$  y está formada principalmente por tres cursos de agua: los ríos Itata, Ñuble y Diguillín. Posee una longitud de 180 km incluyendo dos ríos formativos: el Cholguán y Huépil. Su caudal medio anual varía entre  $30$  y  $67 \text{ m}^3$ , según sea el año estudiado y la estación fluviométrica utilizada. Respecto del Río Ñuble, es el principal dren en el transporte de las aguas de las cuencas cordilleranas de la sección norte de la región. Subtendiendo una superficie de  $4.774 \text{ km}^2$ , es el dren que recoge los aportes de la sección norte de la región, incluyendo a sus tributarios: Río Chillán, Río Cato y Río Changaral. El Río Diguillín por su parte es el principal curso que drena la sección

latitudinal centro-sur de la región. Con una cuenca de  $1.386 \text{ km}^2$ , este río va colectando los aportes de los cursos cordilleranos, como el Estero Renegado, para incorporar incluso aguas provenientes de otras cuencas mediante el canal Laja-Diguillín, y que ha provisto de un suplemento de aguas destinadas al regadío a la zona (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021).

## 4.2. Marco de Referencia Estratégico

El proyecto Punilla es parte de los planes de infraestructura pública definidos por el MOP. Es el proyecto de mayor capacidad y extensión en el *Plan Nacional de Embalses* definido por el Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego el año 2010, representando el 37% del total de capacidad a embalsar (ver sección 2.3.4). Este Plan se orienta hacia la inversión en obras dirigidas a dar solución a la situación de sequía de las zonas rurales del país, por lo que, es incorporado al *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico* y al *Plan Director de Infraestructura MOP de la Región del Biobío* de la Dirección de Planeamiento del MOP. En cuanto a instrumentos comunales, se encuentra el *Plan de Desarrollo Comunal* (PLADECO) “que es el instrumento rector de desarrollo de la comuna de San Fabián, en donde se contemplan las acciones orientadas a satisfacer las necesidades de la comunidad local y acciones que promuevan su avance social, económico y cultural” (Municipalidad de San Fabián, 2017a). Respecto a este último, existe un pronunciamiento de la Municipalidad de San Fabián en el contexto de la evaluación ambiental de las torres de alta tensión. Dicho pronunciamiento resalta en gran medida la afectación del proyecto respecto a los objetivos estratégicos del PLADECO, los cuales se orientan en gran medida al turismo, por lo que no se condice con el daño del proyecto al paisaje y al patrimonio cultural de la comuna. Este aspecto se detalla en la sección 4.6.3.3 sobre sinergia de impactos. Finalmente, considerando que el proyecto se emplaza fuera de los límites urbanos establecidos por el Plan Regulador Comunal y que la comuna no cuenta con planes seccionales, no se establece un área específica relacionada. Por lo tanto, la Municipalidad concluye que no habría incompatibilidad territorial del proyecto respecto a estos últimos 2 instrumentos de planificación territorial (Municipalidad de San Fabián, 2017b).

Existe un anteproyecto presentado como “Plan Regional de Ordenamiento Territorial” (PROT) que marca un hito en la región para facilitar la convergencia de alternativas necesarias para dar sustento a la “Estrategia de Desarrollo Regional” (EDR) con miras a los objetivos económicos, sociales, culturales y ecológicos de los territorios. Respecto a la EDR, se encuentra un estudio de diagnóstico energético y de plan de acción de la región ejecutado el año 2016 a cargo de la Universidad de Concepción, el cual corresponde al paso previo para la elaboración de un Plan Regional Energético como plantea la Política Energética Nacional, por lo que, finalizando aquel instrumento, se tendría la totalidad de los instrumentos públicos para aplicar los lineamientos que plantea la política nacional energética.

### 4.3. Situación actual de proyectos en la comuna de San Fabián de Alico

Realizando un repaso en mayor detalle de los proyectos de inversión emplazados en la comuna de San Fabián de Alico, se encuentran cronológicamente las siguientes obras<sup>2</sup>:

- **Central Ñuble de Pasada**

Aprobado el año 2007 por medio de Resolución Exenta N°218/2007. El Proyecto consiste en la construcción, instalación y operación de una central que aprovechará el potencial hidroeléctrico del río Ñuble del sector comprendido entre su confluencia con el estero Damas y un punto ubicado unos 3 km kilómetros aguas arriba del pueblo de San Fabián. La central tendrá una capacidad instalada de 136 MW y un caudal de diseño de 100  $m^3/s$ . La central generará una energía media anual del orden de los 700 GWh, la que será aportada al Sistema Interconectado Central (SIC), y contempla la construcción de una bocatoma que genera una laguna de aproximadamente 30 ha en la localidad de Caracol y un canal de aducción de 16 km con una trayectoria paralela a la ruta N-31, al río Ñuble y a la localidad de Los Puquios, hasta llegar a la localidad de Las Guardias donde se ubica la Casa de Máquinas del proyecto.

Actualmente, el proyecto se encuentra suspendido desde Mayo de 2018 por problemas económicos (rentabilidad) y conflictos socioambientales con los sectores poblados. Respecto a las obras, se encuentra construida parte de la bocatoma, parte de la casa de máquinas y parte del canal de aducción, lo que se estima como un 35 % de ejecución del proyecto, según el Informe de fiscalización ambiental efectuado por la Superintendencia del Medio Ambiente a la central el año 2019.

- **Línea de Alta tensión San Fabián-Ancoa (2009)**

Aprobado el año 2009 por medio de Resolución Exenta N°6824/2009. El Proyecto consiste en la construcción y operación de la infraestructura y equipamiento necesarios para inyectar al SIC la energía eléctrica que generará la futura “Central Ñuble de Pasada”. Comprende la construcción y operación de una línea de transmisión eléctrica de aproximadamente 113 km de extensión, en doble circuito y 220 kV de tensión nominal, que conecta la S/E San Fabián ubicada en la comuna de Coihueco en la VIII Región, S/E que es necesario construir y operar, con la actual S/E Ancoa ubicada en la comuna de Colbún en la VII Región del Maule, S/E que es necesario ampliar. El Proyecto se iniciará aproximadamente 3 km al sureste del pueblo San Fabián de Alico, en la torre donde finalizará el proyecto “Central Ñuble de Pasada”, en la ribera norte del río Ñuble, desde donde cruzará a la ribera sur del río Ñuble para llegar a la S/E San Fabián (primera obra civil a construir), y luego continuará su trazado hacia el norte, el cual finalizará en la S/E Ancoa, comuna de Colbún. Actualmente, el proyecto se encuentra construido.

- **Embalse Hidroeléctrico Punilla (2010)**

Aprobado el 15 de Noviembre del año 2010 por medio de Resolución Exenta N°018/2010. Descrito en detalle en el Capítulo 3.

<sup>2</sup> Descripciones de proyectos extraídas de los respectivos Resúmenes ejecutivos ingresados al SEIA.

Actualmente el proyecto no posee ejecución material. Se ha avanzado en un porcentaje menor de las expropiaciones, de los cuales surgieron procesos de expropiación forzosos que terminaron con una demanda en el tercer tribunal ambiental de Valdivia por parte de los afectados. El tribunal resuelve frente a la demanda, dar por suspendidos los efectos de la RCA N°18/2010, y con esto la paralización de los desalojos. La demanda dura aproximadamente 1 año, y durante su tramitación, se suma un quiebre entre las relaciones entre el MOP y la Sociedad Concesionaria Aguas de Punilla (SCAP), cuyo accionista mayoritario es Astaldi, debido a errores técnicos de medición de la capacidad de embalsamiento. Se acude al Panel Técnico de Concesiones (PTC) con motivo de la Discrepancia Rol D06-2019-19 para dar solución a este conflicto, el cual recomienda medidas que no son aceptadas por el concesionario. Finalmente, se presenta ante la Comisión Arbitral la Declaración de Extinción del Contrato de Concesión. En las secciones 4.6.2 y 6.4 se detalla la demanda ambiental y la discrepancia por menor capacidad, respectivamente.

■ **Línea de Alta tensión Punilla-San Fabián (2018)**

Aprobado el 10 de Octubre del año 2018 por medio de Resolución Exenta N°289/2018. El proyecto considera la construcción y operación de una línea de transmisión eléctrica de simple circuito de 220 kV y 23 km de longitud aproximadamente, la que conectará la S/E de la futura Central Hidroeléctrica Punilla y la existente S/E San Fabián. La línea se emplazará específicamente entre la S/E eléctrica del Embalse Punilla y la S/E San Fabián, ambas subestaciones en la ribera sur del río Ñuble (comuna Coihueco), la Línea de Transmisión discurrirá en mayor parte al norte del río Ñuble y la Ruta N-31 (comuna de San Fabián). El proyecto tiene fecha de inicio para su ejecución para el año 2023.

## 4.4. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Punilla

### 4.4.1. Estudio de Impacto Ambiental

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto Punilla se efectuó entre los años 2000 y 2004, siendo publicado en el Diario Oficial el 26 de Mayo del 2004. La consultora a cargo del estudio corresponde a CadeIdepe (actual empresa Wood Chile). La aprobación del proyecto y la respectiva Resolución de Calificación Ambiental (RCA) fue efectuada el año 2010, con lo cual quedó aprobada previo a la actualización de la legislación ambiental con la ley Orgánica 20.417.

El EIA contempla en primer lugar, el levantamiento de la Línea Base. Esta contiene una descripción detallada del área de influencia (directa e indirecta) del proyecto. Esto permite evaluar los impactos que se generan o presenten sobre los elementos del medio ambiente. Entre estos elementos se evalúa el *Medio Físico*, ya sea caracterización y análisis del clima, calidad del aire, ruido, vibración, geología, geomorfología, suelo, áreas de riesgo, hidrología, hidrogeología, y la calidad de aguas; *Medio Biótico*, como flora y fauna; *Medio Humano*, incluyendo información y análisis de sus dimensiones geográfica, demográfica, antropológica, socioeconómica y de bienestar social, paisaje y arqueología; y *Medio Construido*, que recopila la infraestructura instalada en las áreas de afectación.

## Calificación de Impactos

En función de la línea base, se identifica tempranamente los impactos directos que generarán la obras permitiendo la incorporación de cambios necesarios para evitar, mitigar o compensar los impactos en el diseño del proyecto. Para aquello, “se determina las relaciones causa-efecto entre acciones y/u obras del proyecto, y factores y elementos ambientales potencialmente afectados. Se localiza las Zonas de Probabilidad de Impactos (ZPI), y finalmente, se califican los impactos de las ZPI” (Cade-Idepe, 2004a). Para el cálculo del Índice de Calificación Ambiental por Impacto (ICA), se utilizan las siguientes fórmulas, que son extraídas del Capítulo 2 del Informe Final del EIA:

$$ICA = VAE \cdot M \quad (4.1)$$

$$VAE = Es \cdot (p1) + Ab \cdot (p2) + Ec \cdot (p3) \quad (4.2)$$

$$M = (Ca) * (Ro) * (I + E + Du + De + Re)/1.5 \quad (4.3)$$

Donde:

VAE= Valor Ambiental por Elemento.

M= Factor de ponderación del VAE.

Es= Estado de conservación del elemento.

Ab= Abundancia o escasez del elemento.

Ec= Importancia para el ecosistema o entorno.

p1, p2, p3= Factores de ponderación de cada atributo en cada zona de riesgo (0 a 1).

Estas fórmulas están basadas en Métodos de Calificación Ambiental Ponderados y se utilizan para el *análisis y selección de alternativas de un mismo proyecto*, desde el punto de vista ambiental, en los estudios a nivel de preinversión (Kaliski, 2003). La Tabla 4.2 muestra la calificación de atributos para definir la VAE, y la Figura 4.2, los parámetros que definen el factor de ponderación “M” en la ecuación 4.3.

Tabla 4.2: Calificación de atributos para definir la VAE. Fuente: Kaliski (2003).

Estado de conservación (Es)	Abundancia o escasez (Ab)	Importancia para el ecosistema (Ec)	Calificación
Muy bueno	Muy escaso	Muy importante	10-9
Bueno	Escaso	Importante	8-6
Regular	Relativamente abundante	Relativamente importante	5-3
Malo	Muy abundante	Poco importante	2-1

Factor	Descripción	Valores
Carácter (Ca)	Define si la acción es benéfica/positiva o perjudicial/negativa	-Positiva: +1 -Negativa: -1
Intensidad (I)	Expresa importancia relativa de las consecuencias que tendrá la alteración del elemento sobre el Medio Ambiente	-Fuerte (I = 3) -Medio (I = 2) -Suave (I = 1)
Riesgo de Ocurrencia (Ro)	Califica la probabilidad de que el impacto pueda darse durante la vida útil del proyecto	-Cierto (Ro = 1), -Probable (0,5 a 0,9) -Poco Probable (0,1 a 0,4)
Extensión (E)	Define la magnitud del área afectada por el impacto, correspondiendo ésta a la dimensión de la superficie relativa donde se resiente el impacto	-Regional (E = 3) -Local (E = 2) -Puntual (E = 1)
Duración (Du)	Es una unidad de medida temporal que permite evaluar el período de tiempo durante el cual las repercusiones serán sentidas o resentidas	-Largo (>5 años, Du =3) -Media (2-5 años, Du =2) -Corta (<2 años, Du = 1)
Desarrollo (De)	Califica el tiempo que el impacto tarda en desarrollarse completamente, es decir, la forma cómo evoluciona el impacto que se inicia y se manifiesta hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias	-Rápido (<1 año, De = 3) -Medio (1-5 años, De = 2) -Lento (>5 años, De = 1)
Reversibilidad (Re)	Evalúa la capacidad que tiene el efecto de ser revertido naturalmente, una vez que la fuente que provoca el impacto deja de actuar	-Irreversible (Re = 3) -Parcialmente reversible (Re = 2) -Reversible (Re = 1)

Figura 4.2: Descripción de los factores de ponderación del VAE. Fuente: Kaliski (2003).

Según lo expuesto en la Tabla 4.2 y en la Figura 4.2, la consultora efectúa una calificación de impactos para las distintas actividades en las distintas ZPI, determinando *subjetivamente* los atributos del Factor Ambiental y el impacto respectivo. Finalmente, “los impactos se clasifican en 3 rangos, que resultan de dividir en 3 partes iguales el rango total de la escala de calificación. El resultado de la evaluación permite priorizar las acciones de mitigación, reparación o compensación que corresponda aplicar para mantener controlados los impactos ambientales del proyecto” (Cade-Idepe, 2004a).

Para obtener una visión macro de los factores y su afectación, se grafica la calificación de los impactos más altos para cada factor ambiental, resultando lo mostrado en la Figura 4.3.

## Calificación de Impactos Ambientales

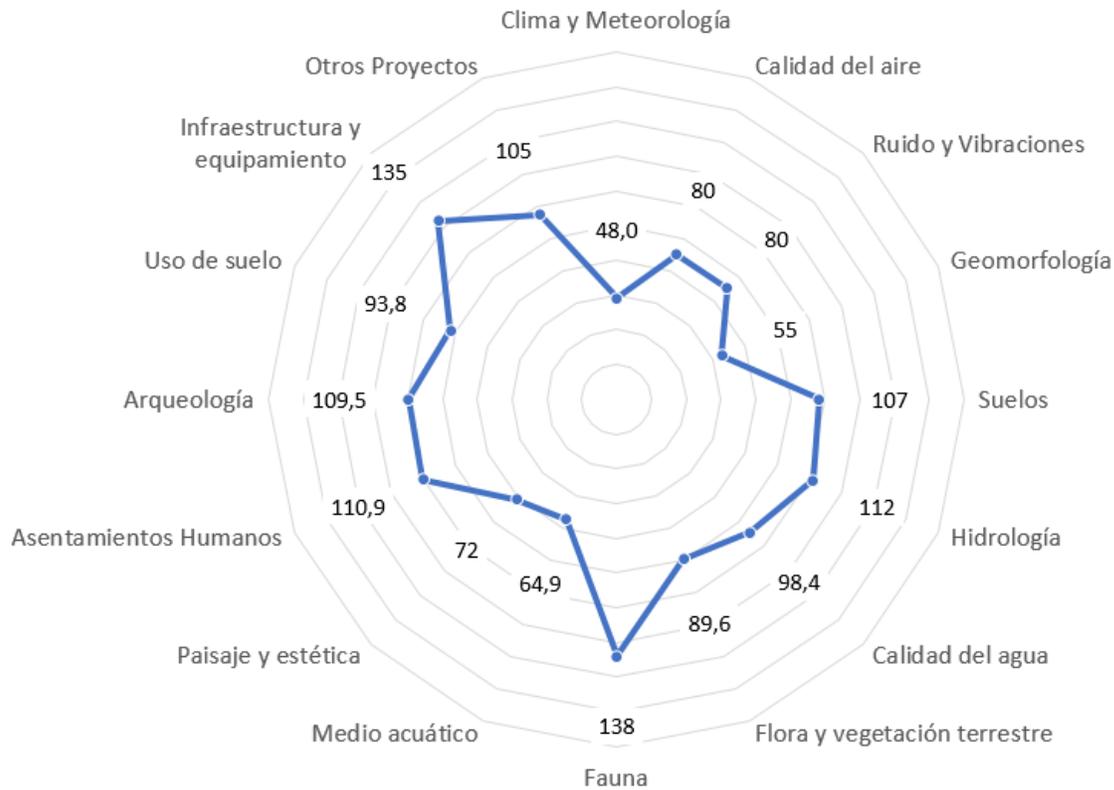


Figura 4.3: ICA más alto para cada Factor Ambiental. Fuente: Elaboración propia a partir de EIA (2004).

De la Figura 4.3 se observa que los Factores Ambientales con mayor ICA corresponden a: Fauna, Infraestructura y Equipamiento, Hidrología, Asentamientos Humanos, Arqueología y Suelos. La gran mayoría de los impactos se da en la fase de operación del proyecto, debido a la gran superficie a inundar y la correspondiente afectación a la flora y fauna, localidades, sitios arqueológicos e infraestructura presentes en la misma. Esto sumado a la modificación del régimen del río, impacto que se da también en la fase de operación y que corresponde al impacto más significativo a nivel de cuenca hidrográfica en el cual el régimen pluvio-nival pasará a ser regulado por la operación del embalse.

Por otra parte, es posible observar que el uso del método de calificación ambiental ponderado en este proyecto posee carencias. La primera corresponde a la calificación de impactos luego de definido el proyecto. El método plantea, según Kaliski (2003), que se debe efectuar una valoración de alternativas en la definición del proyecto para un impacto específico sobre un Factor Ambiental. En cambio, la consultora clasifica los impactos posterior a la definición de la disposición de las obras (definida según la factibilidad económica-técnica), lo cual desestima la base del método y a lo recomendado por los estándares internacionales de Sustentabilidad: El análisis de los impactos de manera anticipada, evaluando alternativas y seleccionando las de menor impacto.

Otro aspecto corresponde a que la subjetividad en la calificación, posee un riesgo de no identificar adecuadamente los impactos, y establecer medidas de compensación, mitigación o reparación no acordes al real impacto. Un ejemplo de esto es la tala de 700 ha de bosque nativo, el cual está emplazado en una zona de alto valor ecológico y que fue declarado como Reserva Nacional de la Biosfera por la UNESCO. No obstante, en el proceso de evaluación del SEIA las entidades públicas a cargo de ciertos impactos, como por ejemplo la CONAF, dan cuenta de estas falencias y permiten una retroalimentación de aquellos factores que no han sido debidamente considerados y que permiten fortalecer las medidas. Esto último, se presenta en detalle en la sección siguiente.

#### **4.4.2. Análisis de Adendas**

El estudio de impacto ambiental del proyecto es presentado ante el SEIA el 17 de Mayo del 2004, con lo cual se inicia el proceso de evaluación ambiental, tanto en los aspectos administrativos como técnicos, en donde los agentes involucrados emiten documentos y pronunciamientos en los cuales queda registrada la historia de la evaluación ambiental del proyecto, que duró poco más de 6 años. El SEIA centraliza y ordena toda la información de los agentes que participan de la revisión, como por ejemplo Servicios Públicos, Municipalidades involucradas, pronunciamiento de los vecinos, etc., y la consolida en los informes denominados *ICSARA*. Luego, el titular del proyecto se hace cargo y responde todas las consultas, dudas y solicitudes de aclaraciones que hace la sociedad a través de los agentes ya mencionados, y genera los documentos denominados *Adenda*, que contienen las respuestas a las observaciones recibidas.

Durante el proceso de evaluación del proyecto, se emitieron 3 adendas las cuales dan cuenta del análisis crítico por parte de los servicios públicos y con ello las correcciones necesarias para cumplir con la normativa nacional en cuanto a las medidas de mitigación y/o compensación propuestas. A continuación, se presenta el resumen de las 3 adendas, en donde se cataloga a las respuestas emitidas por el titular en función del nivel de calidad y objetividad contenida en las mismas. A su vez, se mencionan las principales observaciones y modificaciones que se dan luego del intercambio entre los servicios públicos y el titular y, que dan cuenta de los principales impactos ambientales del proyecto.

##### **Adenda N°1**

La Adenda N°1 fue publicada el 03 de Febrero del año 2005, en la cual se emitieron un total de 236 observaciones. Se analizan las respuestas emitidas por parte del titular y se obtiene lo presentado en la Figura 4.4.

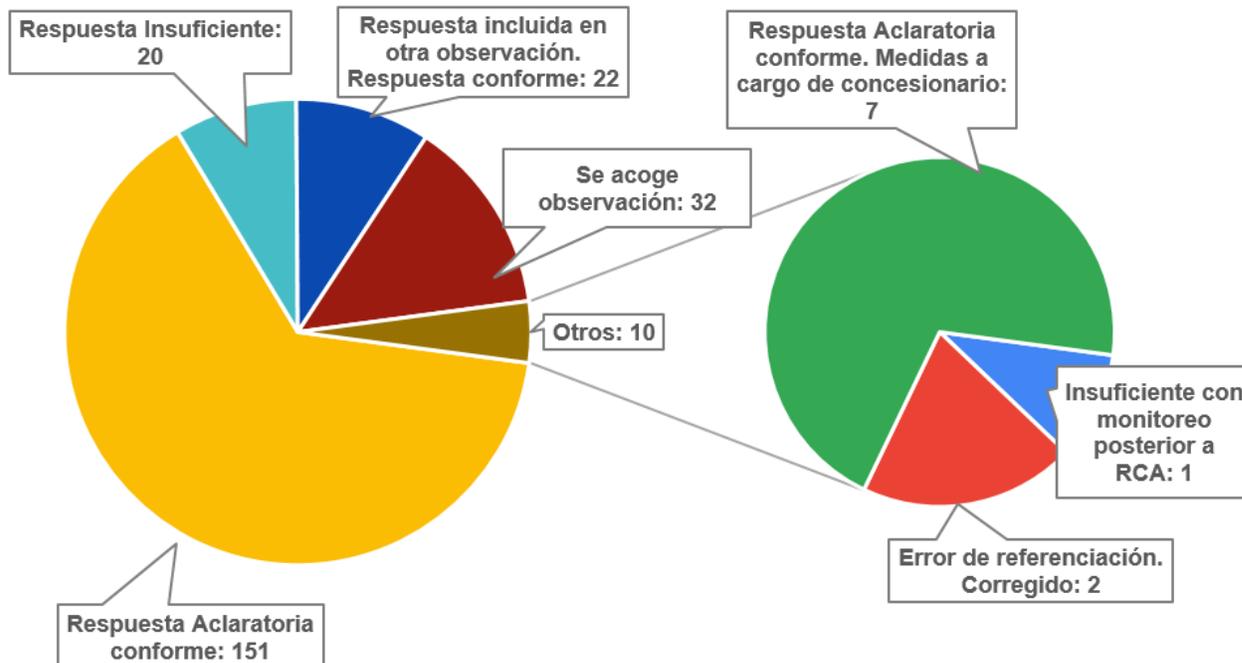


Figura 4.4: Análisis de respuestas contenidas en la Adenda N°1. Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia en la Figura 4.4 un total de 151 respuestas aclaratorias, las cuales dotan de una explicación objetiva y bien elaborada a la observación en cuestión. Además, se tiene un total de 20 respuestas insuficientes, las cuales dan cuenta de una falencia o poca claridad técnica respecto a la medida en sí, y que obtiene como consecuencia un oficio de no conformidad por parte de los servicios públicos en las adendas posteriores. Algunos ejemplos corresponden a: poca precisión y detalle para la definición de Área de impacto directo (AID) en cuerpos de agua, fauna íctica y vegetación; el método de calificación de ICA no contempla una medida de puntuar el daño a un sitio prioritario de conservación ecológica; la calificación de impacto medio al hecho de talar 700 ha de bosque nativo y de valor ambiental especial como *Ecotono Transicional*<sup>3</sup>; la negación de medidas compensatorias para esto último; no se considera modelar impacto sobre el río Itata, ya que según la consultora, otros tributarios (Cato, Chillán y Changaral) entregarán el caudal suficiente pese a no tener estudios que lo respalden; no se considera como AID a la localidad de Veguillas, ubicada a 350 m de la zona de obras más cercana; el Plan de Desarrollo Social tiene poca precisión, sin compromisos concretos, relegando responsabilidades al concesionario, y elaborado con baja representatividad; entre otras observaciones.

Por otra parte, se tienen 32 respuestas del titular en donde se acoge la observación realizada. Entre estas destaca la consideración de un plan de abandono en obras en fase de construcción; mayor cantidad de parámetros de calidad de agua a medir en fase de operación; plan de seguimiento de Caudal Ecológico y Eutrofización; plan de reforestación para Reserva Forestal Ñuble; estudios específicos de impacto en estructuras y cuerpos de agua a intervenir; se establecen las mismas estaciones para calidad de agua y Biota, lo que permite

<sup>3</sup> La zona de las cuencas de los ríos Ñuble y Los Sauces, donde se ejecuta el proyecto, es el límite Este del tipo forestal Esclerófilo, el límite Oeste del tipo forestal Ciprés de la Cordillera, el límite Sur del tipo forestal Roble-Hualo y el límite Norte del tipo forestal Roble-Raulí-Coigue

un monitoreo efectivo; consideración de normativa y/o resolución no incluida en el EIA; envío de documentación faltante; entre otros.

En conclusión, la Adenda N°1 contiene al primer análisis territorial efectuado por parte de los servicios públicos, el cual da cuenta de las múltiples carencias que posee el EIA y sus medidas de mitigación y compensación. La retroalimentación que otorgan los oficios de pronunciamiento con observaciones al EIA, resultan de gran valor para realizar las gestiones adaptativas para dar con las medidas de mitigación, compensación y monitoreo adecuadas.

## Adenda N°2

La Adenda N°2 fue publicada en Diciembre del año 2010, en la cual se emitieron un total de 106 observaciones. Análogo a lo anterior, se analizan las respuestas emitidas por parte del titular y se obtiene lo presentado en la Figura 4.5.

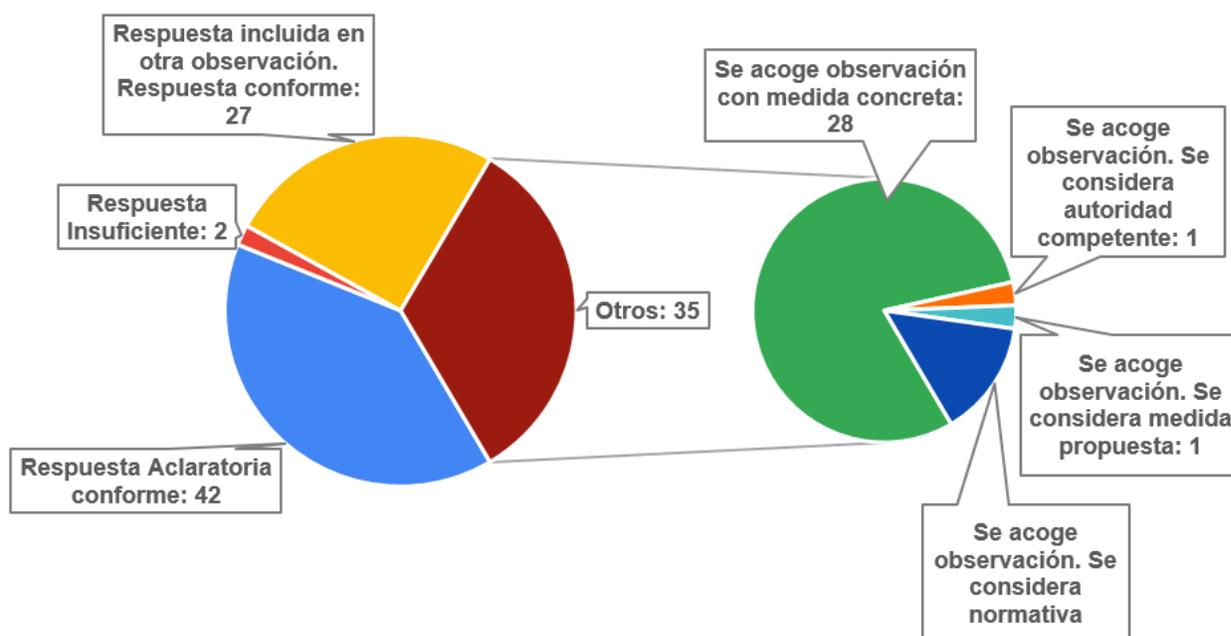


Figura 4.5: Análisis de respuestas contenidas en la Adenda N°2. Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la Figura 4.5 un total de 42 respuestas aclaratorias conformes y 35 respuestas que resultan en medidas concretas a incluir en el EIA. Además, se tienen 2 respuestas insuficientes las cuales dan cuenta de la negativa en considerar a la localidad de Veguillas como parte de la AID, en donde el titular responde “Se debe considerar que la tasa de utilización de este camino en la actualidad es muy baja y que presenta una capacidad de servicio que será utilizada por el proyecto”, es decir, definen como impacto puntual a un impacto que debiese ser debidamente evaluado y compensado. No obstante a lo anterior, se realiza un estudio de impactos sobre la localidad y se proponen medidas de mitigación, para dar cumplimiento a la solicitud planteada. La otra respuesta insuficiente corresponde al hecho de que el plan asociado a la mitigación, restauración o compensación de los impactos sociales depende de la aprobación ambiental del proyecto, si bien se anexa una actualización y mayor detallado en cuanto a las medidas, sigue sin una especificación de montos o programas asociados para recibir la aprobación del agente fiscalizador.

Por otra parte, entre las observaciones acogidas con medidas a incluir por parte del titular destaca: las primeras propuestas a la comunidad sobre los posibles lugares de reasentamiento; campañas de actualización del área de afectados directos; se modifica la medida del impacto de tala de 700 ha de bosque nativo por una levantada con base en el Taller de Huemules (15/12/2005), se compensará con las 700 ha exigidas por ley y un adicional de 306 ha en la subcuenca del río gato para un plan de restauración ecológica; plan de seguimiento para el posible impacto del efecto burbuja<sup>4</sup>; se amplía la línea base acuática a los tributarios de la zona de inundación; se adjunta cronograma de plan de rescate solicitado por la CONAMA; se elaboran medidas de mitigación para pérdida turística en épocas de construcción; se ejecutan las prospecciones arqueológicas faltantes, abarcando el 100% del área del proyecto; entre otras medidas.

Finalmente, la Adenda N°2 contiene una gran cantidad de medidas y ampliación del levantamiento de línea base, junto con esto, una mayor precisión en la definición de áreas de impacto directo e indirecto y mayor robustez en cuanto a las medidas de compensación. Además, se efectúan reuniones con la Subsecretaría de Pesca, la CONAMA y CONAF, que permiten hacer un trabajo conjunto respecto a los impactos más significativos que se presentan con el proyecto.

### Adenda N°3

La Adenda N°3 fue publicada el año 2010, en la cual se emitieron un total de 103 observaciones. Se analizan las respuestas emitidas por parte del titular y se obtiene lo presentado en la Figura 4.6.

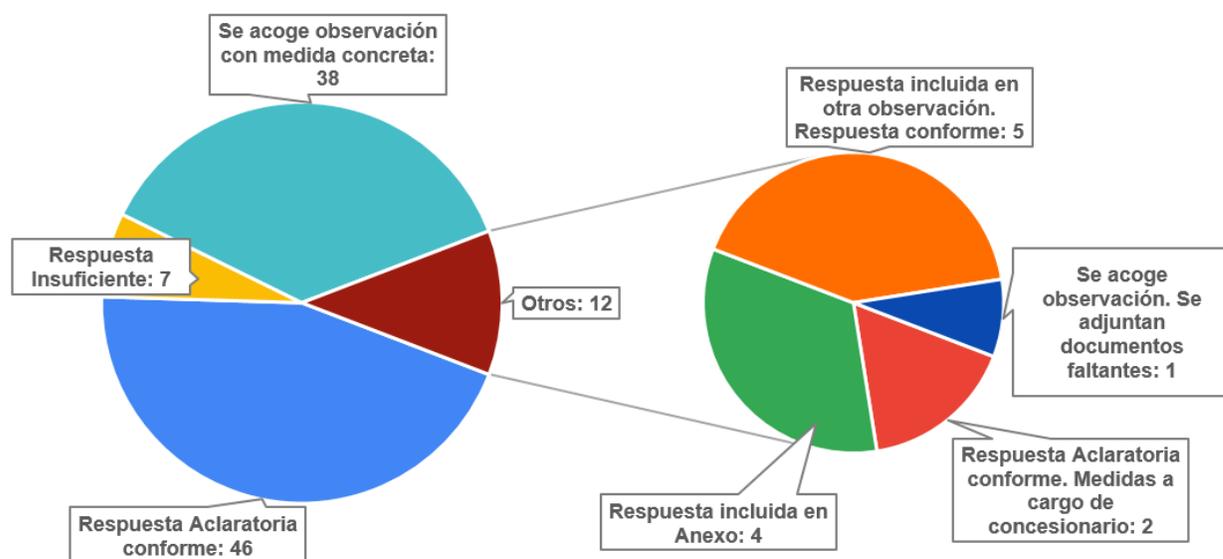


Figura 4.6: Análisis de respuestas contenidas en la Adenda N°3. Fuente: Elaboración propia.

<sup>4</sup> Enfermedad que afecta a los peces cuando se producen descargas con gran aireación de agua.

Se observa en la Figura 4.6 un total de 46 respuestas aclaratorias conformes y 38 respuestas que resultan en medidas concretas a incluir en el EIA. Además, se tiene un total de 7 respuestas insuficientes entre las que destaca: la derivación al concesionario de la elaboración de Carta Gantt sobre flujo de camiones y tonelajes; no se aclara como se abordarán casos de desconexión vial, se deriva al concesionario el diseño de los proyectos viales, haciendo caso omiso a la sugerencia de la Municipalidad de San Fabián de tener los caminos alternativos en caso de desconexión; no se presenta una aclaración respecto a los impactos en conjunto del proyecto Hidroñuble y Punilla, frente a lo cual se señala nula interferencia entre proyectos dado un estudio a cargo del MOP pero sin otorgar la evidencia suficiente; la negativa a reevaluar los potenciales efectos en el huemul sobre la base de los hallazgos del 2006 en el trabajo de CODEFF-FZS, que dan cuenta de la presencia comprobada de huemules en las zonas de Estero Lara, Pichirincón, Sector de Chureo-Las Truchas-Los Rabones y río Ñuble (sector Fundo El Roble). La consultora propone actualizar la línea base previa construcción, para luego conformar una comisión experta en Huemul que establezca las medidas de mitigación y compensación para esta especie.

En cuanto a las medidas incorporadas, se definen los detalles del Programa de Preservación, Plan de manejo forestal y Programa de Restauración ecológica consolidados en el Anexo N°1 de ese informe titulado “Anexo N° 1: Informe de Expertos (Art. 19° Ley N° 20.283)”;

se efectúa un Plan ganadero; y se establecen en detalle los compromisos en plazos en cuanto a la intervención y monitoreo, y la respectiva gestión de permisos principalmente con la CONAF, SAG y Dirección Regional de Pesca.

A partir de lo expuesto, se observa que los Oficios de Pronunciamiento resultan ser una gran herramienta para dar cuenta de las falencias de los EIA, permiten obtener un diagnóstico territorial de las distintas entidades competentes en materia de impactos y su mitigación y conllevan a la elaboración de nuevas medidas y al fortalecimiento de algunas con el trabajo conjunto entre la consultora y las entidades respectivas.

## 4.5. Análisis del proyecto por ENVISION

En el marco del trabajo del Ministerio de Obras Públicas para establecer bases y parámetros para el desarrollo de Infraestructura Sostenible, se acordó una cooperación técnica entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el MOP para fomentar la sostenibilidad en proyectos de infraestructura en conjunto con la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) y la Universidad de Harvard. En ese contexto se evaluó el proyecto Punilla bajo la metodología Envision, el cual es un sistema único para evaluar la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura, a través de un conjunto de indicadores cualitativos y cuantitativos (Georgoulas et al., 2018).

El proyecto Punilla obtiene un desempeño de 30 % respecto al total de puntos, lo que se cataloga como “bueno” por parte de los evaluadores. La Figura 4.7 muestra el resumen de los resultados de las evaluaciones en las distintas categorías de Sustentabilidad.

ENVISION		Puntos totales		Desempeño del proyecto	
Categorías de Sostenibilidad		max.	PT.	% Total	
Calidad de Vida	QL	194	89	46%	
Liderazgo	LD	121	40	33%	
Distribución de Recursos	RA	182	53	29%	
Mundo Natural	NW	203	54	27%	
Clima y Riesgo	CR	122	14	11%	
Puntos Totales		822	250	30%	

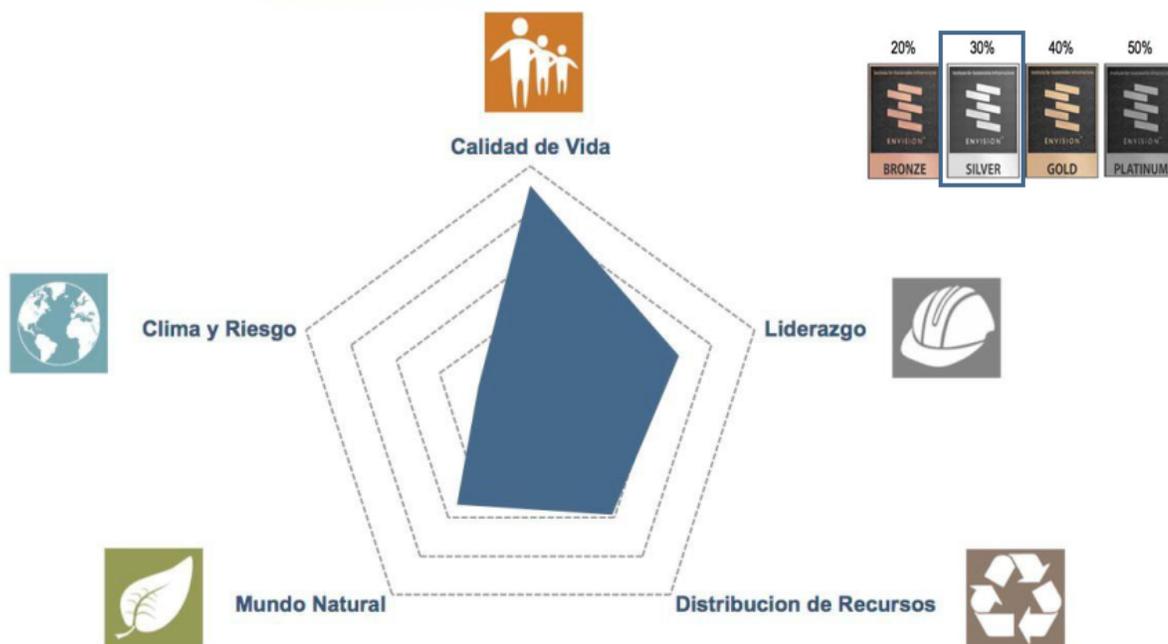


Figura 4.7: Resumen de los resultados de la evaluación. Fuente: Zofnass (2018).

Respecto a cada categoría se señalan los siguientes aspectos a mejorar:

- **Calidad de vida:** Implementar iniciativas para mejorar la capacitación de la comunidad a largo plazo, desarrollar estrategias para mejorar el espacio público e incentivar el uso de modos alternativos de transporte.
- **Liderazgo:** Buscar oportunidades de sinergia en los subproductos, como también abordar reglamentos y políticas en conflicto con los objetivos sostenibles del proyecto.
- **Distribución de recursos:** Establecer objetivos de desempeño que puedan medirse cuantitativamente con relación al uso de materiales de origen regional, y estrategias de eficiencia energética e hídrica.
- **Mundo Natural:** Considerar plantación de vegetación adecuada con el fin de reducir la necesidad de uso de sustancias peligrosas al ecosistema y preservar las funciones de los humedales y aguas superficiales. Considerar la implementación de un Plan de Monitoreo a largo plazo con el fin de controlar y gestionar las especies invasivas del lugar. Mejorar la conectividad hidrológica, hábitat, el transporte de sedimentos y analizar distintas alternativas de localización para minimizar impactos en hábitats de alto valor ecológico y cursos de agua.
- **Clima y Riesgo:** Desarrollar una evaluación del impacto climático o un Plan de Adaptación para identificar los riesgos. Realizar una evaluación del ciclo de vida del carbono o un análisis de la huella de carbono del proyecto para minimizar las emisiones de CO<sub>2</sub>, y evaluar en una etapa temprana las consideraciones de sostenibilidad y resiliencia del proyecto a largo plazo.

La evaluación concluye destacando el aporte de la disponibilidad del recurso hídrico y la generación de energía renovable, y como esto mejora la calidad de vida en las comunidades con propósito agrícola. Se destaca la participación de los representantes de la comunidad local en el comité de gestión del Plan de Desarrollo Social, pero que este “podría ser mejorado con programas educativos y de capacitación más amplios para asegurar que los miembros de la comunidad local adquieran las habilidades necesarias para obtener empleos significativos. Además, los programas de empleo deberían centrarse más en la contratación de mano de obra local, especializada y no especializada”. Respecto a la gestión sustentable, “existen oportunidades significativas para mejorar la sostenibilidad por medio de la especificación de metas de rendimiento cuantificables en relación con la adquisición de materiales sostenibles, la eficiencia energética e hídrica, las estrategias para desviar materiales de los rellenos sanitarios y la evaluación de los impactos del cambio climático”. Finalmente, se resalta que al momento de seleccionar el emplazamiento de una obra se debe buscar “la maximización de la eficiencia operativa y la selección de ubicaciones con menor sensibilidad ambiental y/o que ofrezcan mayores oportunidades sinérgicas con sistemas de infraestructura, podría ser abordado durante la planificación de proyectos de embalses en el futuro” (Georgoulas et al., 2018).

## 4.6. Análisis de Gestión Socio-Cultural

Como se mencionó en la Introducción de este Trabajo de Título, uno de los hechos que deriva en la paralización de la ejecución del proyecto son los desalojos forzosos por parte de la fuerza pública, debido a que no se llegó a un acuerdo con los afectados en las medidas propuestas por el titular en el Plan de Desarrollo Social (PDS), lo que deriva finalmente en la suspensión temporal de la RCA. Es por esto, que la gestión Socio-Cultural corresponde al eje crítico en el análisis de sustentabilidad del proyecto, porque a pesar de la legalidad de los procesos involucrados, el desalojo de familias vulnera una cantidad considerable de derechos humanos que se alejan de la sustentabilidad.

En esta sección se presentan los estudios de impacto de la componente social del proyecto, vale decir el levantamiento y actualización de línea base, un resumen del PDS y la participación ciudadana del mismo. Luego, se expone el conflicto socioambiental recogiendo todos los antecedentes a disposición y se realiza un análisis comparativo entre lo ocurrido en los procesos de expropiación el año 2018 y lo que se propone en materias de relocalización, tanto en estándares internacionales como en la legislación nacional vigente (desde el año 2016).

### 4.6.1. Levantamiento componente Social

Con base en el artículo 11 de la Ley 19.300 en donde se singulariza en su letra c), que el reasentamiento de comunidades humanas es una de las causales del sometimiento a evaluación a través de un Estudio de Impacto Ambiental, la consultora Cade-Idepe elabora el “Estudio específico del Medio Social - Proyecto Embalse Punilla”. En este documento se presenta la definición de afectados directos e indirectos, la estrategia de participación social, diagnóstico social y su evaluación de impactos, y el Plan de asistencia, rehabilitación y fortalecimiento social. El producto principal de este documento corresponde al PDS, el cual alberga las medidas a realizar para las acciones de mitigación, compensación y/o reparación de los distintos impactos identificados.

Se realizaron 2 talleres de participación cuyos objetivos eran “acercar posiciones y visualizar alternativas para un diseño de medidas de manejo social que permitan abordar adecuadamente los efectos sociales del proyecto. Asimismo, tuvo como propósito el acercar a la comunidad al concepto de embalse, en términos de familiarizarlos con un proyecto del cual desde mucho tiempo han oído hablar pero del cual poco en realidad se conoce” (Cade-Idepe, 2004b). El primer taller, realizado en Junio de 2002, tuvo asistencia de 8 afectados directos y 18 indirectos y, se trataron los antecedentes técnicos y temas de interés para los afectados, principalmente, relocalización y aspectos legales de los terrenos (Figura 4.8). En el taller 2, realizado en Septiembre de 2003, se informó a la comunidad sobre los avances del proyecto, y sobre los lineamientos y medidas propuestas sugeridas en el PDS. Se presentó la medida de relocalización individual y colectiva a los afectados directos, de los cuales asistieron 23.

**Tabla N° 11: Temas de interés de los afectados**

<b>Tema de interés</b>	<b>Preocupación específica</b>
Relocalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Hay gente que no está preparada para vivir en otro lugar</li> <li>◆ Es como nacer de nuevo, porque hay que readecuarse a otro lugar</li> <li>◆ Hay pocos lugares donde trasladarse y que ofrezcan lo que se tiene hoy</li> <li>◆ Se debe buscar un lugar similar al que se vive hoy, un lugar de campo</li> </ul>
Aspecto Técnico del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ ¿Hasta donde llegará la inundación?</li> <li>◆ La gente que se queda en el sector, ¿cómo saldrá?, ¿por donde está proyectado el camino?</li> <li>◆ Si el camino se proyecta para la parte más alta, hay épocas en que no se podrá transitar porque estará cubierto de nieve y en este sentido todos los lugareños son afectados por el proyecto, no sólo los que se tienen que ir</li> </ul>
Aspectos legales de los terrenos	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ ¿Qué pasa con la gente que tiene una sucesión en su terreno, que no está regularizada?</li> </ul>
Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Hay mucha gente que falta en la reunión y que son afectados por el proyecto</li> <li>◆ El proyecto no es para beneficio de los lugareños, porque hay cosas mal planteadas, se piensa en vender sólo la parte del terreno que va a ser afectada por la inundación, no todo el terreno.</li> </ul>

Figura 4.8: Temas de Interés Afectados. Fuente: Estudio Específico Medio Social (2004).

Asimismo, producto de los compromisos establecidos durante el proceso de evaluación ambiental (Adenda N° 3) y considerando el tiempo transcurrido desde la elaboración del EIA y sus Adendas, se hizo necesario actualizar los datos recogidos durante la evaluación ambiental y ajustar las medidas respecto a sus valores y forma de implementación. Con este objetivo, el MOP realizó durante los años 2014 y 2015 el proceso de actualización del PDS del proyecto Embalse La Punilla que incluyó una actualización del catastro de propietarios, arrendatarios y/o allegados residentes en las comunas de San Fabián y Coihueco, catastros los cuales se encuentran validados por las municipalidades correspondientes (Tabla 4.3). El plan consta de 7 programas y 27 sub-programas los cuales detallan las medidas específicas para el manejo de los impactos sociales identificados.

Tabla 4.3: N° de hogares de allegados y propietarios residentes afectos a relocalización. Fuente: MOP (2015).

<b>Sector</b>		<b>N° total de hogares</b>	<b>Hogares allegados</b>	<b>Hogares propietarios residentes</b>
Comuna San Fabián	Los Sauces-La Punilla	47	26	24
	El Roble-Huacho	11	7	4
	Comuna Chacayal-Coihueco	25	25	0
<b>Total General</b>		<b>83</b>	<b>58</b>	<b>28</b>

## Antecedentes RCA

A continuación, se presentan los antecedentes de la Resolución de Calificación Ambiental 18/2010 (RCA), que resultan importantes para el análisis de este conflicto.

La RCA 18/2010, en el capítulo sobre “Identificación, predicción y evaluación de los impactos ambientales y situaciones de riesgos”, señala las Zonas de Probabilidad de Impacto (ZPI) y su ubicación en el Área de Influencia Directa (AID) del proyecto. En la Tabla 26 “Resumen de impacto asociados a componentes ambientales” de dicho capítulo, se resume y jerarquiza los impactos negativos sobre los distintos medios de la siguiente manera:

- Medio Socio-Cultural:
  - Asentamientos humanos: Impacto por “*Modificación de las condiciones de desenvolvimiento económico*”; negativo de intensidad alta, reversible.
  - Asentamientos humanos: Impacto por “*Cambio en las condiciones de relación con la propiedad*”; negativo de intensidad alta, reversible.
- Medio Construido:
  - Infraestructura y equipamiento: “*Pérdida de infraestructura y equipamiento*”; negativo medio alto, reversible.

En cuanto a los impactos en el ámbito socioeconómico de desenvolvimiento, en la Tabla 43 se singularizan los siguientes:

- “Pérdida de recursos económicos asociados a la actividad ganadera”
- “Pérdida de recursos económicos asociados a la actividad agrícola de subsistencia”
- “Pérdida de recursos económicos (libre disponibilidad de recursos naturales)”
- “Cambios en la modalidad y organización del trabajo”

En cuanto a los impactos negativos de la alteración de vivienda y propiedad de la tierra, la Tabla 44 señala los siguientes:

- “Pérdida garantía uso de la tierra hogares expropiados”: La medida específica es “Instalación de un sistema de compra asistida para transferencia de predios (sin entrega de dinero), con una superficie mínima equivalente a la que disponen”. Además se proponen bonos, asistencia en regularización de títulos de dominio y de compra.
- “Pérdida garantía uso de la tierra no propietarios, Ocupantes, Inquilinos, Allegados y Otros”: La medida específica es “Transferencia predios sin costo de superficie requerida para permitir la subsistencia”. Además se proponen créditos, subsidios y asistencia regularización títulos de compra.
- “Pérdida viviendas de propietarios”. La medida específica es “Asistencia al levantamiento, traslado e instalación”. Se agrega un bono y “apoyo en transporte y mano de obra para levantamiento de los bienes recuperables”.

- “Pérdida viviendas cedidas no propietarios”. La medida específica es “Adquisición y/o construcción de viviendas individuales, según preferencias de relocalización mediante acceso a subsidios”. Se agrega que se “introducirán diferencias en las soluciones a las que puedan optar por hogares según su condición de tenencia y nivel socioeconómico”. Además, se otorgará “Asistencia al levantamiento, traslado e instalación” y “apoyo en transporte y mano de obra para levantamiento de los bienes recuperables” .
- “Pérdida infraestructura predial no propietarios”. La medida es “Reposición y mejoramiento de infraestructura predial. Se garantizará, cuando sea posible, el levantamiento de la infraestructura predial afectada para ser instalada y mejorada en los predios de relocalización. Cuando ello no sea posible, se procederá a la construcción de nueva infraestructura concordante con la pérdida, con estándares de calidad mejorados”.
- El plan de relocalización incluye además, medidas para mitigar y compensar “la pérdida de infraestructura de salud, educación, comunitaria y recreativa; modificación de condiciones de accesibilidad; pérdida de infraestructura de servicio (tendido eléctrico); impactos en el cambio de estilo de vida y alteración de valores y costumbres; impactos sobre el bienestar físico y mental”.

#### 4.6.2. Conflicto Socio-ambiental proyecto Punilla

EL Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH) en su informe anual del año 2012 define a los conflictos socioambientales como “disputas entre diversos actores (personas naturales, organizaciones, empresas privadas y/o el estado), manifestadas públicamente y que expresan divergencias de opiniones, posiciones, intereses y planteamientos de demandas por la afectación (o potencial afectación) de derechos humanos, derivada del acceso y uso de los recursos naturales, así como por los impactos ambientales de las actividades económicas”. Bajo esta definición, los acontecimientos ocurridos en torno al proyecto Punilla corresponde a un conflicto socio-ambiental en varias áreas.

Presentados los antecedentes en las secciones anteriores, se procede a describir los hechos ocurridos en este conflicto socio-ambiental:

- **Año de inicio del conflicto:** El conflicto tiene inicio el año 2018, aunque ya se habían presentado ciertas discrepancias por parte de los actores involucrados, en las cuales los afectados hacían notar la inconformidad respecto a las medidas contenidas en el PDS.
- **Ubicación geográfica:** Región del Ñuble, Provincia de Punilla, Comuna de San Fabián, Sector: Los Sauces, La Punilla y Los Mallos.
- **Causa del conflicto:** Debido a que no se llega a un acuerdo en las medidas de compensación, respecto a la expropiación y relocalización involuntaria de los afectados directos (Área de Inundación) del proyecto embalse Punilla, se producen desalojos forzosos a familias ubicadas en zonas estratégicas para la construcción.
- **Actores involucrados:** *Denunciados:* Sociedad Concesionaria Aguas de Punilla (SCAP), cuyo accionista mayoritario corresponde a Astaldi Concessioni S.R.L. Agencia en Chile, y el Ministerio de Obras Públicas bajo su entidad fiscal correspondiente al FISCO; *Denunciantes:* Conjunto de 10 vecinos del sector.

- **Resumen del conflicto:** Los días 21 y 22 de Noviembre se efectuaron desalojos a nueve familias del sector los Sauces de la comuna de San Fabián por parte de la fuerza pública, bajo mandato de la Corte de Apelaciones de Chillán y la Corte Suprema. Se trata de familias que no llegaron a un acuerdo con la SCAP, respecto al PDS y sus medidas de compensación para el proceso de relocalización. Los desalojos se efectuaron con la finalidad de avanzar la primera etapa del proyecto Punilla. Para ello, el MOP hace toma de posesión material de los terrenos para la construcción de campamentos e instalaciones. La decisión se debe a que se ha cumplido el plazo dispuesto en las Bases de Licitación del proyecto para la entrega de los terrenos a la sociedad concesionaria.
- **Demanda en 3er tribunal Ambiental de Valdivia:** Bajo estos antecedentes, el 06 de Diciembre de 2018 se presenta una denuncia ante el tercer tribunal ambiental de Valdivia, solicitando como medida cautelar conservativa la suspensión de la RCA 18/2010 y los desalojos. De manera unánime, el Tribunal Ambiental de Valdivia acogió la medida cautelar prejudicial solicitada por 10 habitantes de los sectores La Punilla y Los Mallos, de la comuna de San Fabián de Alicó; y ordenó la suspensión de los efectos de la RCA del proyecto y la restitución inmediata de bienes e inmuebles retenidos, para lo cual autorizó el uso de la fuerza pública para cumplir lo resuelto.

La demanda se publica el 28 de diciembre de 2018 y se amplía el 06 de febrero de 2019. Las irregularidades reclamadas por parte de los demandantes se presentan a continuación:

1. Se ha violado la obligación de no expulsar a los afectados directos sin tenerles antes una solución donde vivir y desarrollar sus sistema de vida en forma previa a la ejecución de las obras (Plan de Desarrollo Social versión 2016, pág. 4).
2. Se ha violado la obligación de desarrollar un plan ganadero previo a la relocalización de las familias afectadas (Adenda 3 pág. 52, 53, 59 y 60). Esto queda de manifiesto con el Informe de Estado de Avance de la Concesión, donde se reconoce que al 30 de septiembre de 2018 no se tenía claridad sobre la condición de las familias que faltaba por relocalizar en cuanto a las compensaciones por su actividad ganadera.
3. No se impulsaron procesos de participación ciudadana para determinar los contenidos de un Plan de Desarrollo Social Actualizado, ni se consultó adecuadamente a los afectados (pág. 4, 60, 133 y 134 de la Adenda 1). Por el contrario, como queda de manifiesto con el Informe de Estado de Avance de la Concesión de septiembre de 2018, es la Unidad de Medio Ambiente y Territorio del MOP quien decide a quienes y como se compensa.
4. No se actualizó el Plan de Relocalización 90 días antes al inicio de la etapa de construcción (pág. 56 de la Adenda 3).
5. Se incumplió la condición expresa establecida en el punto 8º de la RCA 18/2010, en cuanto a que las faenas de construcción deberán iniciarse “sólo una vez que la totalidad de los habitantes de las zonas de inundación sean reubicados” (pág. 191 RCA).
6. Se destruyeron las casas y la infraestructura anexa a éstas (galpones, corrales, cierrros, etc) violando la disposición expresa del EIA que obliga al proponente a asistir el “levantamiento” de estos bienes (tabla 44 de la RCA 18/2010).

7. No se repuso el camino, Ruta N-31 para evitar afectar la conectividad del sector (pág. 148 de la Adenda 1, 39 y 40 de la Adenda 3).
8. No se ha restaurado la conectividad de los predios ribereños, a través de nuevas obras contempladas en los caminos de reemplazo, en forma “previa a la ejecución del embalse” (Bases de Licitación, punto 2.3.1.2.2 en relación al punto 1.4.1. documento 8 y ambos en relación a lo señalado en las pág. 41 y 42 de la Adenda 3 sobre los caminos de reemplazo).

En la ampliación de la demanda, se recoge toda la normativa que da cuenta de la responsabilidad del MOP y el inspector fiscal como su encargado en terreno, de fiscalizar y velar por el cumplimiento de lo estipulado en las bases de licitación del proyecto y en su RCA. Se señala en el documento, que el Inspector Fiscal tendría que haber cumplido con la exigencia y fiscalización de los 8 puntos anteriores.

Por su parte, la parte demandada presenta el 23 de Abril de 2019 la contestación en la cual se exponen los descargos y documentación que acredita la legalidad de los procesos. Entre las principales conclusiones de dicho informe, se tiene:

1. El interés público detrás del proyecto es la reactivación de la economía local en el área colindante a él, lo que tendrá impactos positivos superiores a los impactos adversos significativos que provocará, los cuales fueron debidamente evaluados y compensados.
2. El supuesto daño, consistente en el desalojo con auxilio de la fuerza pública, ocurre en el marco de los procedimientos de expropiación establecidos en el D.L. N°2186, con autorización de los tribunales competentes, debido a la resistencia jurídica de los propios demandantes.
3. No existe daño ambiental al componente humano. Los actores no son capaces de dotar de justificación y contenido ambiental a su pretensión.
4. El actuar del MOP no puede estimarse en forma alguna como la causa directa o inmediata de los supuestos perjuicios denunciados por los actores, ya que es la propia resistencia a cooperar de los demandantes en las medidas de compensación y mitigación N°6 y N°7 la que ha terminado provocando que el expropiante se viera en la necesidad jurídica para proceder a la toma de posesión material.
5. La actuación del MOP se ha ajustado a la normativa para concesiones de obras públicas, de expropiación y a la normativa ambiental vigente.

El día 22 de Octubre de 2019, el Tribunal Ambiental de Valdivia, “resolvió alzar la medida cautelar vigente desde diciembre del 2018 y que suspendió los efectos de la RCA del proyecto Embalse Punilla respecto del componente humano, especialmente en lo relacionado al PDS del proyecto y las medidas relativas a la relocalización de un grupo de habitantes de San Fabián de Alicó, en la Región del Ñuble”. De acuerdo al Tribunal, con los antecedentes presentados se tomó conocimiento que los desalojos denunciados por los demandantes “correspondieron a la toma de posesión material de procedimientos expropiatorios legalmente sancionados por los tribunales competentes para ello. Lo anterior, ratificado además por sentencia de la Iltma. Corte de Apelaciones de Chillán, y confirmada por la Excma. Corte Suprema”. A su vez, “la parte demandante

no acompañó documental que en sede cautelar permita desvirtuar la de los oponentes. Por tanto, sin perjuicio del examen completo de la prueba que se realizará al juicio de fondo, el Tribunal le dará validez para estos efectos a la información aportada por el Fisco de Chile y la Sociedad Concesionaria Aguas de Punilla S.A.". La resolución del Tribunal Ambiental de Valdivia concluye con el alzamiento de la medida cautelar, por no mantenerse los argumentos que dieron origen a su dictación. (Tercer Tribunal Ambiental de Chile, 2020).

Finalmente, la sentencia del tribunal fue elevada el 13 de Abril de 2020, según la cual, la SCAP no incumplió la RCA. "No se configura incumplimiento respecto de las obligaciones establecidas en las medidas N° 6 y 7 del PDS. Esto debido a que los Demandantes de autos no cumplieron con las cargas establecidas en la RCA para la exigencia de las obligaciones de la SCAP. El cumplimiento de esas cargas -como la de firmar el Convenio de Implementación, cobrar los vales vistas dispuestos en su favor, elegir los terrenos a los cuales serían trasladados pueden considerarse mínimas para la exigibilidad de las medidas de compensación". Según la sentencia, "no existió voluntad ni interés por parte de los Demandantes para alcanzar un acuerdo con la SCAP... resulta evidente para estos sentenciadores que la SCAP realizó todas las gestiones propendientes a ejecutar satisfactoriamente el Plan Ganadero, lo que fue impedido por la negativa de los Demandantes y el incumplimiento de las cargas mínimas que recaían sobre ellos. En efecto, fue la propia actitud de los Demandantes la que no permitió que se efectuara el Plan Ganadero adecuadamente, impidiendo el acceso a sus terrenos para el censo de sus animales y no autorizando a la SCAP para que pudiera solicitar dicha información al SAG". Sobre el daño psicosocial que el proyecto estaría generando en la comunidad, el Tribunal concluyó que "resulta evidente que el daño psicosocial -en tanto es un daño colectivo que puede afectar a una comunidad determinada- puede configurar daño ambiental. Sin embargo, en el caso de autos los Demandantes no sólo no han acreditado la existencia de dicho daño por intermedio de los incumplimientos analizados, sino que tampoco han aportado material probatorio suficiente que de cuenta que el daño psicosocial ha afectado a la comunidad en la cual residen" (Tercer Tribunal Ambiental de Chile, 2020).

### **4.6.3. Levantamiento en terreno de la problemática**

En esta sección se procede a realizar un levantamiento de información proveniente de terreno de las organizaciones del territorio de emplazamiento del proyecto, para así dar cuenta de la visión de quienes abogan por el embalse y también de quienes rechazan su construcción.

#### **4.6.3.1. Junta de Vigilancia del Río Ñuble**

La Junta de Vigilancia del Río Ñuble (JVRÑ) corresponde a una organización de regantes que tiene la misión de "transformar al Río Ñuble en una cuenca que aporta al desarrollo integral de la zona, aprovechando todos los recursos naturales en pos del bienestar de los regantes, de la población y en armonía con la sociedad". La JVRÑ realiza una medición y gestión de la información las cuales publica como "Boletines Técnicos" en su página web. Información como caudales y volumen en el río, variables agrometereológicas e índices de cobertura nival son monitoreados para la toma de decisiones y para la distribución del recurso. Respecto al embalse Punilla, señalan como organización que corresponde a una obra estratégica del

país dado los beneficios económicos, seguridad de riego, diversificación de cultivos y alcance territorial que otorga la construcción de la obra.

Durante el desarrollo de este trabajo se intentó contactar vía correo en 2 ocasiones a la JVRÑ para efectuar una entrevista, sin tener respuesta. Aún así, y dado que se necesita la visión y argumentos de quienes abogan por el embalse, se recogen sus lineamientos de diversas fuentes.

En el conversatorio “El agua en la nueva constitución: Las 5 voces de Ñuble” a cargo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, Margarita Letelier, ex presidenta de la JVRÑ y actual constituyente, señala que “Desde nuestra perspectiva, conociendo desde el terreno mismo lo más básico en torno al agua, como son los canales, las bocatomas, las patas de cabra, que es lo que permite la distribución equitativa y eficiente de esta, vale decir, sin pérdidas con eficiencia y conforme a derecho; conociendo la realidad de los agricultores, pienso que cuando se habla de agua no se puede separar de la agricultura como actividad esencial. Estos dos elementos tienen que ir juntos, así como también todo el mundo tiene claro de la necesidad del recurso hídrico para consumo humano... Hoy enfrentamos una mega sequía. Las norias, pozas y zanjas ya no son suficientes. Hay una falta de compromiso en los gobiernos de turno con la construcción de infraestructura necesaria para apalear y superar esta gran escasez del recurso. Especialmente para nuestra región (Ñuble) por la baja cordillera que tenemos... Hay todo tipo de estudios sobre la sequía, pero no hay ninguna acción concreta que realmente solucione el problema. Nadie sabe los esfuerzos e inversión que hacen los agricultores para producir lo mismo cada vez con menos agua. Nos jactamos del mundo rural, de la cultura rural, pero se ha hecho muy poco para salvar a esa cultura. Necesitamos de embalses de todos los tamaños: Acumuladores, nocturnos, recarga de acuíferos y todo lo que se viene hablando hace tantos años, pero que no se han concretado y que no puede seguir esperando. También estamos todos conscientes que el cuidado de la naturaleza es tan importante como el problema del agua, solamente que todavía no hemos descubierto como guardar el agua sin provocar los daños que provocan los embalses”.

Otro testimonio corresponde al de Francisco Contreras Jeldres, Presidente de la Asociación de canalistas del canal Chacayal, derivado del río Ñuble. Señala en carta al director del medio La Discusión “La sequía sigue avanzando en la cuenca del Río Ñuble haciendo estragos en los campos agrícolas, el día 2 de febrero de 2022 al canal de riego Chacayal está ingresando tan solo un 16 % del agua que le corresponde, a lo cual hay que descontar las filtraciones en la conducción – las cuales no se pueden considerar perdidas ya que recargan el acuífero de la zona – resultando que a los predios agrícolas está llegando menos del 10 % del agua que les corresponde. Respecto a las aguas subterráneas, cada día que pasa, los pozos del sector de Chacayal (Cato, comuna de Coihueco) tienen menos agua...Así que el llamado es a las autoridades para consideren esta sequía, producto del cambio climático, como un obstáculo al desarrollo regional ya que la agricultura de la zona tendrá que restringirse solo a cultivos de poca demanda de agua y que además sean compatibles con el ciclo hidrológico natural del río Ñuble, lo cual repercutirá negativamente en la productividad de los campos de la zona... Las autoridades de nuestro país no pueden resolver el cambio climático por su magnitud planetaria, pero si pueden ayudar a disminuir sus efectos negativos hacia los ciudadanos con la construcción de embalses, como el Punilla, que permitan aprovechar hasta la última gota de agua que nos regala la naturaleza” (La Discusión, 2022).

#### 4.6.3.2. Movimiento Social en Defensa del Río Ñuble

También llamado Ñuble Libre, corresponde a una organización ambiental compuesta por diversas agrupaciones comunitarias y ambientales de la región de Ñuble. Su finalidad es “defender y proteger el valle del Ñuble, específicamente el Río Ñuble y toda su flora, fauna y comunidades”.

Se efectúa una reunión con el vocero de dicha organización Juane Rosselot, en donde se dialoga sobre las propuestas alternativas que como ambientalistas plantean. Respecto al embalse Punilla, su postura es de rechazo a la construcción de esta mega obra cuyo impacto es demasiado grande en cuanto al valor ecológico y social. El estar emplazado en una reserva de la biosfera declarada por la UNESCO, la característica de ser un ambiente ecotono transicional, la variada y única fauna presente en el lugar (huemul), sumado al valor social que tiene ese destino, el cual posee gran cantidad de entornos naturales vírgenes que son espacios de recreación y conexión natural, resaltan la protección por parte de la organización de esa zona. Plantean además, que el embalse Punilla no surge como necesidad de los territorios, sino que se impone para satisfacer la necesidad de regantes, los cuales utilizan técnicas de cultivos que están muy lejos de ser sustentables, en donde la sobreexplotación del recurso hídrico, monocultivos y agroquímicos deriva en el daño de los suelos. Frente a esto también señalan el conflicto de interés que surge en torno al uso del agua, y que el avance del proyecto se ha ejecutado sin responder preguntas que transparentan el proceso como: ¿Quiénes serán beneficiados con el proyecto?, ¿Cuanta tierra y cuantos derechos de agua tienen los agricultores?, ¿Cuales son los efectos a nivel de cuenca?, ¿Es viable el proyecto aun considerando estudios hidrológicos y de factibilidad de 20 años atrás?, ¿Quién asume el impacto futuro?. Esto legitima el cuestionamiento de ¿embalse y agua para quién?.

Finalmente, mencionan las alternativas que como organización han propuesto al embalse Punilla. Reconocen que la sequía debe ser abordada con infraestructura pero que esta debe contener un análisis de factibilidad social-ambiental-técnico que involucren todas las externalidades no solo las exigidas por los instrumentos legales. Además, mencionan que los sacrificios ambientales que conlleva el Punilla pueden ser perfectamente evitados con embalses fuera de línea que no impactan en gran manera al medioambiente. Rosselot señala que han propuesto 2 alternativas de embalsamiento, una que consiste en construir presas pequeñas a lo largo del Río Ñuble en lugares estratégicos en donde existe una gran área de paleocauces (lecho de río), y así embalsar el agua de crecidas en cascadas que son reguladas en conjunto; el beneficio de esta opción corresponde a la construcción de presas que no impactan de gran manera al ecosistema, y que no alteran el régimen hidrológico de la subcuenca. La otra alternativa plantea la creación de embalses en subcuencas en donde el agua del río Ñuble sea desviada estratégicamente en crecidas, para así retener los excedentes en embalses que dotarán de capacidad de regulación distribuida espacialmente. Un ejemplo de esto último corresponde al Embalse Coihueco, el cual según ellos ha tenido un buen comportamiento y no afectó en gran manera al ecosistema.

#### 4.6.3.3. ONG Defensa Ambiental

ONG Defensa Ambiental corresponde a una organización sin fines de lucro que ofrece representación jurídica a quienes se ven vulnerados en sus derechos ambientales<sup>5</sup>. La organización ha ejercido un trabajo activo en el acompañamiento de las familias, otorgando asesoría jurídica durante los procesos de actualización del PDS y las demandas ambientales.

Se efectúa una entrevista con el abogado Ricardo Frez, encargado de Litigios de la organización. Frez trabajó en la Municipalidad de San Fabián liderando un equipo de asistencia técnica legal encargado de brindar asesoría y apoyo paralelo a los afectados durante el proceso de implementación del PDS, y también asumió un rol de fiscalización desde la Municipalidad en cómo se estaban implementando las medidas tanto por el MOP como por la SCAP. La relación del entrevistado con las comunidades afectadas y el proyecto, dan cuenta de un conocimiento en detalle de los aspectos y procesos que fueron llevados a cabo de manera irregular según los mismos. Frez señala que los principales aspectos que están propensos a mejora, y que sirven como un levantamiento en terreno de las críticas y propuestas ciudadanas, son los siguientes:

- **Incumplimiento de cronogramas de ejecución:** El proyecto Punilla tiene 11 años de retraso.
- **Proceso de evaluación ambiental con legislación antigua:** El proyecto está evaluado bajo la legislación previa a la actualización de la Ley 19.300 sin contemplar la ley 20.417, la política de participación ciudadana ley 20.500, ni los nuevos lineamientos establecidos en la política energética.
- **Proyecto fraccionado:** El proyecto no consideró la línea de transmisión lo cual infringe el Art. 11 bis inc. primero, ley 19.300, el cual señala que: “los proponentes, no podrán, a sabiendas, fraccionar sus proyectos o actividades con el objeto de variar el instrumento de evaluación o de eludir el ingreso al SEIA”.
- **Proyectos de la comuna están desactualizados:** No se ajustan a la realidad actual de los territorios. Los impactos son mayores a los proyectados. Es por ello, que presentarán un recurso de protección con base en el artículo 25 quinquies, el cual señala: “La Resolución de Calificación Ambiental podrá ser revisada, excepcionalmente, de oficio o, a petición del titular o del directamente afectado, cuando ejecutándose el proyecto, las variables evaluadas y contempladas en el plan de seguimiento sobre las cuales fueron establecidas las condiciones o medidas, hayan variado sustantivamente en relación a lo proyectado o no se hayan verificado, todo ello con el objeto de adoptar las medidas necesarias para corregir dichas situaciones”.
- **Patentes de Funcionamiento:** Proyectos no dejan inversión local. San Fabián pierde mucho y gana poco. Las medidas para generar valor compartido con la comuna son insuficientes.
- **San Fabián corresponde a futura zona de sacrificio:** La ejecución de los proyectos de inversión mantiene relegada a la comuna en cuanto al desarrollo económico de la misma. Además, la sobrecarga de impactos de los proyectos hidroeléctricos más la torres

<sup>5</sup> <https://www.ongdefensaambiental.cl/quienes-somos/>

de alta tensión constituye impactos permanentes y no compensados adecuadamente (Figura 4.9).

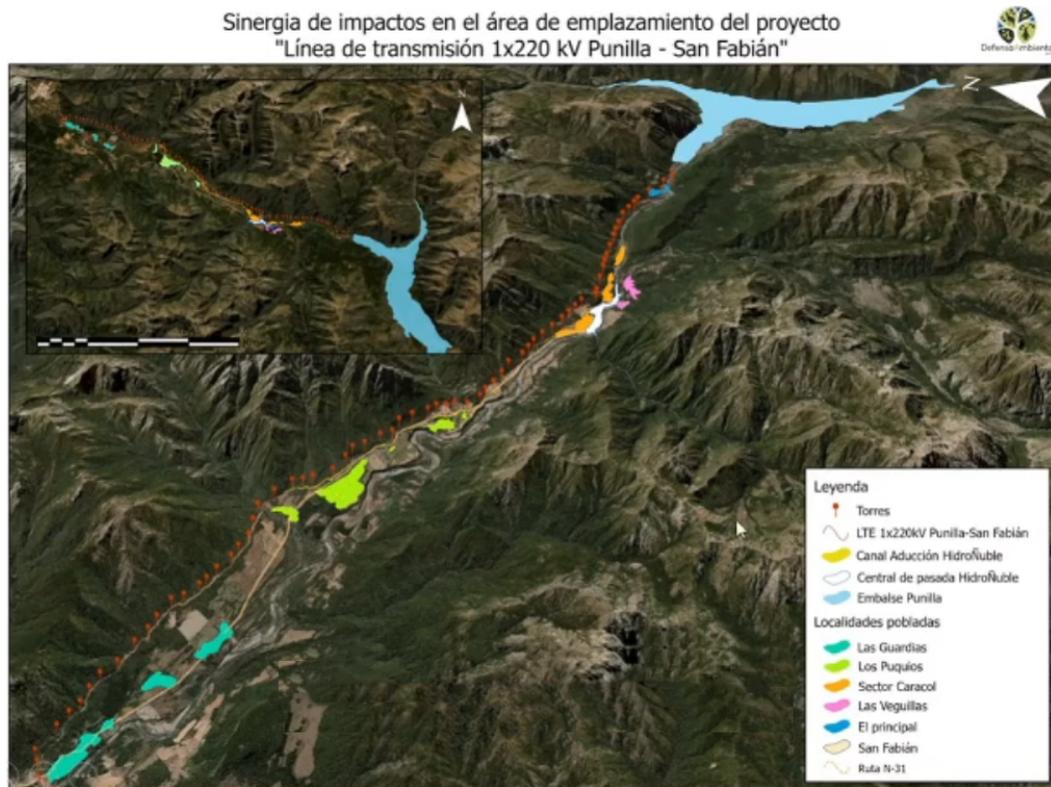


Figura 4.9: Sinergia de impactos de proyectos Hidroeléctricos en la comuna de San Fabián. Fuente: ONG Defensa Ambiental (2021).

Respecto a la sinergia de impactos, la letra h bis) de la ley 19.300 señala que el “Efecto Sinérgico: es aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente”. A su vez, el artículo 18 letra f en su párrafo noveno del Decreto 40 (2012) señala que “Para la evaluación de impactos sinérgicos se deberán considerar los proyectos o actividades que cuenten con calificación ambiental vigente de acuerdo a lo indicado en el literal e.11 anterior”. En donde este último señala: “Los proyectos o actividades que cuenten con Resolución de Calificación Ambiental vigente, aun cuando no se encuentren operando. Para estos efectos, se considerarán todos los proyectos o actividades que se relacionen con los impactos ambientales del proyecto en evaluación, contemplando los términos en que fueron aprobados dichos proyectos o actividades, especialmente en lo relativo a su ubicación, emisiones, efluentes y residuos, la extracción, explotación o uso de recursos naturales renovables autorizados ambientalmente y cualquier otra información relevante para definir la línea de base del Estudio de Impacto Ambiental”.

Por lo tanto, con base en la normativa señalada, se debiese evaluar la sinergia de impactos de los proyectos presentados en la sección 4.3 en conjunto, tal cual como muestra la Figura 4.9.

#### 4.6.4. Análisis comparativo del proyecto y estándares

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis comparativo ejecutado para la gestión socio-cultural.

##### 4.6.4.1. Participación Ciudadana

En primer lugar, se elabora una pauta respecto a los lineamientos planteados en el documento “Guía para el desarrollo participativo de proyectos de Energía” del Ministerio de Energía (2017), en donde se disponen las acciones a realizar en las distintas etapas por parte del titular del proyecto para abordar la participación ciudadana. Se analiza si la acción o gestión se efectuó, con base en los antecedentes dispuestos al momento de realizar dicha comparación. La pauta y sus observaciones se encuentran en el Anexo B y los tópicos abordados se resumen en la Figura 4.10.



Figura 4.10: Relación entre empresa comunidad y estado. Elaboración propia a partir de Ministerio de Energía (2017).

De la pauta y su análisis del Anexo B se extraen las siguientes observaciones:

- De un total de 88 acciones a realizar, 83 corresponden a la etapa previa al ingreso al sistema de evaluación, 4 durante EIA y tramitación de permisos ambientales sectoriales, y 1 posterior a la obtención de la RCA.
- En la etapa previa al ingreso al SEIA:

- Se realiza un total de 25 acciones que corresponden al 30 % del total. Entre estas destaca la caracterización de los distintos actores sociales, la pertinencia sociocultural de la misma; un PDS que entrega medidas para el bien común y con iniciativas que potencian el desarrollo local, que contienen mecanismos claros de implementación; se registran los compromisos y consensos en los procesos de diálogo, se recibe retroalimentación de los actores, considera sus inquietudes y genera planes de comunicación con grupos con influencia en la localidad.
- Se realiza *parcialmente* un total de 4 acciones que corresponden al 5 % del total. Entre estas se tiene la conversación con las comunidades sobre potenciales impactos sociales (DDHH), económicos y ambientales, sobre lo cual los impactos económicos y ambientales son conversados vagamente sin una identificación clara. Se busca también consensuar en las medidas de mitigación, compensación y reparación para el impacto social pero sin un mecanismo claro y sin tener una real oferta de opciones para los afectados. Otra acción parcial, corresponde a los recursos destinados para financiar asesores expertos para apoyar a las comunidades, esto es realizado bajo el contexto de actualización del PDS, cuando el proyecto en sí llevaba varios procesos ya concretados; debido a su tardanza y aplicación solo a los impactos sociales, se cataloga como una acción parcial.
- *No* se realiza un total de 54 acciones que corresponden al 65 % del total. En primer lugar, la política interna de la empresa Astaldi contempla en su concepción los Derechos Humanos<sup>6</sup> (DDHH), pero no ejerce políticas o directrices sobre DDHH, no realiza diligencias para generar vínculos con la comunidad, ni realiza gestiones adecuadas para una aprobación total del PDS por parte de los afectados. Además, no vincula el proyecto con los ODS de la ONU.

Respecto al proceso de consulta y participación, no hay un plan detallado con actividades, plazos y objetivos, solo corresponde a un proceso de diálogo y de acercamiento. No se considera un tercero neutral como mediador, aunque ciertos representantes municipales velan por un diálogo equitativo. Además, no se promueve una participación significativa, al no realizar esfuerzos mayores como visitas puerta a puerta, que se realizan pero con motivo de levantamiento social de línea base y al momento de obtener las firmas de aceptación del PDS; otros esfuerzos como asegurar que los actores locales conozcan y comprendan sus derechos, presentar proyectos en operación similares, o establecer diálogos con grupos autoidentificados, como arrieros y/o adulto mayor, que no poseen el conocimiento técnico para un diálogo simétrico. Por otra parte, en cuanto a la voluntad de llegar acuerdos, se observa cierta rigidez en cuanto a las medidas del PDS sin dotar de adaptabilidad a los cambios del entorno, con un plan de implementación con un horizonte máximo de 4 años para modalidad colectiva y 1,5 años para modalidad individual, sin contar con medidas para la fase de operación como recomiendan los estándares. No se implementan mecanismos que permitan la expresión de opiniones, inquietudes, quejas o sugerencias por parte de los distintos actores del área. Los procesos de diálogo en las reuniones permitieron esto último pero en ocasiones esporádicas sin un mecanismo que validara y respondiera cada observación (esto no considera el proceso de observaciones ciudadanas, lo cual ocurre en la etapa siguiente). Finalmente, no hay mecanismos para una gestión adaptativa, para la modificación de acuerdos, monitoreo de avances y rendición de

<sup>6</sup> <https://www.astaldi.com/en/documents/code-ethics>

cuentas, mecanismos de reclamos y resolución de controversias, los cuales permiten evaluar y consensuar aquellas discrepancias que no llegan a un acuerdo, y que en el caso del proyecto Punilla, culminaron en un quiebre entre las relaciones, y por ende, con el uso de la ley como única vía. La Figura 4.11 muestra los porcentajes de realización de las medidas previas al ingreso al SEIA.

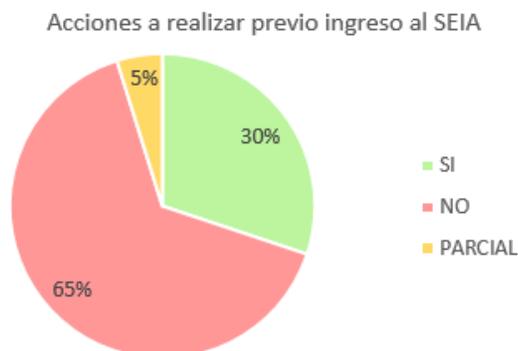


Figura 4.11: Acciones a realizar previo ingreso al SEIA. Fuente: Elaboración propia.

- Respecto a las acciones a realizar durante la evaluación de impacto ambiental, se cumple con los procesos de participación ciudadana del SEIA que consisten en 3 acciones: colaborar con la difusión de las actividades convocadas por el SEIA, presentar los temas de interés de la comunidad, dialogar con la comunidad para conocer mejor sus perspectivas y así, mejorar la pertinencia de las respuestas a las observaciones. No se cumple el ítem de mantener los mecanismos definidos en etapas anteriores, ya que como se mencionó en el párrafo anterior, no se establecieron mecanismos de reclamo ni de resolución de controversias. Finalmente, se cumple la actualización del acuerdo de relacionamiento y se adecúa para la etapa de construcción, al actualizar parte del acuerdo de ciertas medidas del PDS y como estas serán aplicadas, a pesar de que no obtuvo una aceptación total por parte de los afectados.

Cabe destacar que el proceso de participación cuenta con múltiples variables temporales, ya que de la fecha previa a ingreso al SEIA (2002), en la cual se realiza el levantamiento de la línea base social, hasta las medidas post RCA (2016), ocurre un periodo cercano a 14 años, en el cual las circunstancias cambian en gran magnitud. Aún así, el análisis efectuado soslaya este desorden temporal y se efectúa a partir de todos los antecedentes dispuestos. A modo de ejemplo, la caracterización de organizaciones territoriales se efectúa post RCA, al momento de la actualización del PDS en el año 2016, ya que dicha organización no existía previamente. Como la pauta exige este antecedente en la etapa previa sería una acción no realizada. Por el contrario, se marca como una acción realizada según lo explicado anteriormente.

#### 4.6.4.2. Reasentamiento involuntario

En la Guía de Reasentamiento de comunidades humanas del SEIA (2014) se define el reasentamiento como dos procesos distintos relacionados estrechamente. Uno corresponde al desplazamiento, que implica la mudanza de quienes habitan un lugar para permitir la ejecución de un proyecto con la debida transferencia de la propiedad en intercambio por compensación. El otro corresponde a la reubicación, que es la reintegración de las personas desplazadas con el objetivo de restablecer sus patrones de organización social. Se menciona en la guía también que el proceso de relocalización conlleva a una crisis social y si no se aborda adecuadamente deriva en una crisis política. A su vez, el documento “Reasentamiento involuntario en los proyectos del BID: Principios y Lineamientos” del año 2019, resalta que “el reasentamiento involuntario puede tener consecuencias traumáticas para la vida de aquellos que viven en la zona de influencia de proyectos de desarrollo a gran escala. Constituye una ruptura repentina de la continuidad del tejido social y puede tener como resultado el empobrecimiento de la población reubicada”.

Se advierte además que “cuando el reasentamiento está mal planificado o no se ejecuta adecuadamente, constituye siempre un importante costo adicional para el proyecto principal y puede tener efectos a largo plazo para la población afectada y para la región aledaña. Puede causar resistencia local y tensión política, así como importantes demoras en la ejecución del proyecto, cuyos resultados son sobrecostos, menores beneficios del proyecto, y en casos extremos, incluso la suspensión de éste. Este costo adicional casi siempre es mayor que la inversión que habría sido necesaria para planificar y ejecutar un programa de reasentamiento aceptable” (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019). Esto último da cuenta de lo acontecido en el proyecto Punilla debido a los desalojos ocurridos y la consiguiente suspensión temporal del proyecto. La fallida ejecución del Plan de Desarrollo Social (PDS) derivó en aproximadamente 1 año de atraso y representa en toda sus aristas a lo advertido por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y en general, a todos los documentos guía de buenas prácticas en esta materia.

Se procede a analizar las variables involucradas en la elaboración del PDS del proyecto Punilla, según la recomendación de la Guía del SEIA y del BID, documentos que sintetizan la Política Operativa del Banco Mundial, siendo esta la referencia por defecto de la materia.

- **Descripción del medio humano:** Haciendo un análisis crítico se observa que el levantamiento de la línea base del medio humano realizada por la consultora Cade-Idepe más las observaciones realizadas por las municipalidades, culminan con un cumplimiento total de lo estipulado en los estándares. Se aborda al detalle la zona geográfica afectada, sus características demográficas, la información socioeconómica, actitud y expectativas de la población afectada, y el inventario de tierras y viviendas. Un punto a destacar es el horizonte temporal de este estudio, siendo el levantamiento de línea base entre los años 2001 y 2004, y la actualización del PDS entre los años 2014 y mediados del 2016; se realiza la actualización del catastro siendo acorde a lo estipulado por los estándares.
- **Plan de Reasentamiento:** Según la guía del SEIA todo proyecto debe abordar como mínimo las siguientes materias:
  - **Involucramiento de la comunidad:** Respecto a este punto surgen varias controversias. En primer lugar, la estrategia de consulta con las personas reasentadas

corresponde a uno de los factores críticos del fracaso en la elaboración del PDS. Si bien, existieron procesos de participación, hubieron reuniones para realzar y escuchar medidas propuestas por la comunidad, y se dispuso por parte de las municipalidades profesionales para acompañar a las familias durante el proceso, las medidas fueron informativas e impositivas según los afectados y no hubo nunca un acuerdo de ambas partes. Además, respecto a *formas de compensación y de asistencia para el reasentamiento*, se da por parcialmente cumplido lo estipulado por los estándares, ya que, se presentan las modalidades individual y colectiva, y se presentan sub-programas de mejoramiento, los cuales son mejorados a partir de la opinión de los afectados en las reuniones. Pero, un punto crítico de esta gestión son los efectos y consecuencias del traslado en las características económicas y socioculturales de la población a ser reasentada. Los afectados recalcan esta preocupación de dejar de lado sus métodos y prácticas productivas en cada instancia de consulta ciudadana, sin tener en ningún momento una respuesta concreta. Esto sumado a otros factores, derivó en la generación de incertidumbre en la población, al tener que abandonar el ambiente familiar y su hábitat tradicional, sin medidas que reflejaran una relocalización con igual o mejor condición según estipula el PDS.

- **Caracterización de la población desplazada y criterios de elegibilidad:** Esta materia se da por cumplida a cabalidad. Se realizaron los catastros de los afectados directos e indirectos, siendo estos validados por los Municipios respectivos.
- **Valoración de activos perdidos (costo de reposición):** En este eje se evidencian varias carencias. No se presenta en el Estudio específico del Medio Social, un método de valorización para determinar los costos de los valores activos perdidos, ni se documenta una justificación de los valores propuestos para mitigar y compensar los impactos generados.
- **Plan de Gestión Social:** Este plan “contiene los programas y sub-programas para restablecer las condiciones de normalidad de la comunidad, que aseguren el mantenimiento de las condiciones de vida de la población reasentada e idealmente las mejore” (SEIA, 2014). Se da por cumplido lo estipulado por los estándares, se observa un acuerdo mayoritario de la comunidad respecto a los planes, luego de los ajustes realizado en el PDS en función de las reuniones. La comunidad está debidamente asesorada por representantes municipales. Las medidas que no llegaron a un acuerdo corresponden a la *canasta familiar*, que fue aumentada luego de la última reunión, y el *valor de compensación por las tierras*, el cual no permitía adquirir un predio de igual extensión al que abandonaban y con condiciones similares de subsistencia. Esto último corresponde al eje crítico del rechazo del PDS.
- **Propuestas de tipos de viviendas e infraestructura:** El SEIA plantea que “se deberán socializar los tipos de viviendas, infraestructura y equipamientos propuestos. El diseño urbanístico, las viviendas, así como los equipamientos comunitarios deben incorporar la participación activa de la comunidad afectada, con el fin de asegurar que el nuevo asentamiento sea funcional a la cultura, costumbres, cotidianidad y cosmovisión de las comunidades a reasentar.” Frente a esto el abogado Frez señala en la audiencia del caso D-10 que “lo que se terminó haciendo fue entregarle a los vecinos la posibilidad y también la responsabilidad de ellos salir a buscar un terreno, y si ese terreno está dentro de los márgenes de los montos que estaban dispuestos para eso, la consultora avanzaba en apoyar este proceso de compra de

terreno”. Esto dista en gran magnitud respecto a lo estipulado por la guía del SEIA, ya que solo se ofreció un monto sin una justificación en su definición.

Otro aspecto a analizar corresponde a una comparativa respecto a los costos destinados en materia de reasentamiento en los distintos proyectos que involucran este impacto social. La Tabla 4.4 recopila la información dispuesta por el BID que da cuenta de la inversión para reasentamiento y el costo total de la obra. Por otra parte, la Tabla 4.5 muestra la estimación de costos en Reasentamiento del proyecto Punilla, donde el monto máximo es definido en el artículo 2.7.1.8 de las Bases de Licitación del proyecto (BALI), donde se menciona que el concesionario pagará por concepto de compensaciones económicas y territoriales hasta 300.000 UF, no obstante se plantea que cuando el monto total acumulado y pagado por el concesionario resulte inferior a la suma antes indicada, la diferencia será reinvertida íntegramente en las obras de la concesión de acuerdo a las instrucciones que formule el IF, previa autorización del Director General de Obras Públicas. Se agrega que en el caso que los desembolsos superen las 300.000 UF, serán reembolsados por el MOP a través de un pago, una vez que el IF apruebe y verifique que dichas compensaciones fueron realizadas.

Tabla 4.4: Costos reales en materia de reasentamiento en proyectos del BID. Fuente: BID (2019).

<b>Proyecto</b>	<b>Costo total real (M\$US)</b>	<b>Costo de reasentamiento real (M\$US)</b>	<b>% de inversión real en reasentamiento</b>
Proyecto Hidroeléctrico Arenal	178,9	16,3	9,1 %
Proyecto Hidroeléctrico Sobradinho	2048,6	62	3,0 %
Proyecto de Desarrollo Urbano Integrado en Buenaventura	96,5	6,4	6,6 %
Programa de Saneamiento e Infraestructura Básica Fortaleza	265,6	8,08	3,0 %
Cartografía Digital y Drenaje Urbano para Río de Janeiro	60	3	5,0 %

Tabla 4.5: Costos estimados en materia de reasentamiento en el proyecto Punilla. Fuente: BALI (2014).

<b>Proyecto</b>	<b>Costo total estimado (UF)</b>	<b>Costo de reasentamiento estimado (UF)</b>	<b>% de inversión real en Reasentamiento</b>
Proyecto Punilla	9.410.000	300.000	3,2 %

Se aprecia en las tablas que el porcentaje estimado en reasentamiento para el proyecto Punilla resulta cercano a 2 proyectos del BID que utilizan un 3% para reubicación. Aunque, cabe destacar que estos porcentajes relacionan el costo total final, los cuales están sujetos a múltiples sobrecostos que se dan en el desarrollo de las obras. Por lo cual, si bien el porcentaje podría ser aceptable no permite una real validación del monto. Por el contrario, la experiencia de los otros 3 proyectos mostrados en la Tabla 4.4 dan cuenta de un porcentaje mayor para costos en reasentamiento y que por ende, se concluye que un 3% podría resultar insuficiente. Esto se reafirma, considerando que el proyecto Punilla posee sobrecostos no estimados que han derivado del atraso de las obras, la suspensión de la RCA y la interrupción de los trabajos de Ingeniería, luego de la Discrepancia presentada al Panel Técnico de Concesiones (PTC).

Respecto a esto último, resulta interesante evaluar un mayor valor en la compensación por las tierras, considerando que esto último fue la medida crítica en la elaboración del PDS, y que derivó en la no aceptación del mismo por parte de los afectados que no firmaron el acuerdo. En el acta de reunión ejecutada el 14 de octubre del año 2015 en la sede social Los Sauces, la comunidad señala: “No estamos de acuerdo con 500 UF, no aceptamos. Exigimos las 1.500 UF”. Dicho monto finalmente quedó en 1.150 UF en el PDS actualizado.

Se realiza una contabilización de aquellas medidas que tienen un costo asociado en el PDS actualizado y resulta un valor estimado de 257,8 mil UF<sup>7</sup>. Incorporando la petición de los afectados a dicho monto, es decir, la suma de 29050 UF correspondiente a 350 UF adicionales para los 83 afectos a relocalización, resulta un total de 284,1 mil UF. En términos porcentuales respecto al costo total estimado, se aumenta en materia de reasentamiento de 2,74% a 3,02%, esto sin considerar aquellas medidas que no cuentan con un presupuesto fijo. Se aprecia un aumento considerable pero que parece razonable a partir de lo comentado por la comunidad en la reunión: “¿Qué se hace con 15 millones de pesos (500 UF)? 0,5 ha está a 11 millones de pesos. Y calculamos que actualmente contamos con 30 ha promedio para nuestro ganado”. Además, considerando que este monto podría haber sido reembolsado por el MOP según el artículo 2.7.1.8 de las BALI, el desalojo forzoso podría haber sido evitado si se financiaba el monto con fondos públicos. Por otra parte, dicha inversión hubiera asegurado el normal desarrollo de las obras y todos los sobrecostos asociados a la suspensión de la RCA.

#### 4.6.4.3. Principios y Lineamientos de Hidroelectricidad Sustentable

El Anexo A, presenta los lineamientos de la hidroelectricidad sustentable y el análisis del cumplimiento de estos en el proyecto Punilla. Con base en estos lineamientos, se extraen las siguientes observaciones:

- Se destaca el cumplimiento en:
  - la *Jerarquización de impactos*, lo que permite evaluar aquellos valores ambientales más sensibles;

<sup>7</sup> Es necesario realizar algunas estimaciones, entre las cuales se considera: 39 niños para subprograma de educación (Adenda 2, Anexo 2: Tabla 2.3), 70 para promoción, reinserción y permanencia escolar (Adenda 2, Anexo 2: Tabla 2.9); se aproxima un total de 65 soluciones individuales. Además, se estima un valor de 30000 UF en la operación completa de la OAT, en función de los periodos de trabajo y sueldos promedio para los cargos.

- la *consistencia en las medidas de compensación*, las cuales luego de los oficios de pronunciamiento y la asesoría municipal forjan medidas aceptables;
  - el establecimiento de *caudal ambiental* y la *pérdida de biodiversidad neta cero*, se reforestará 700 ha de bosque nativo + 306 ha para reforestación de especies;
  - el *trabajo conjunto* con instituciones públicas, resumido en las Adendas, para la actualización de medidas;
  - la generación de capacidades para el empleo y *emprendimiento local* y, el *empoderamiento de las mujeres y otros grupos vulnerables*.
- Se da cumplimiento parcial a los siguientes lineamientos:
    - *Buena fe para el desarrollo de proyectos*, en donde las demandas prolongadas en el tiempo por parte de la comunidad a Astaldi y Novum Mare (empresa sub-contratada a cargo del relacionamiento comunitario) no permiten dar cumplimiento;
    - *riguroso cumplimiento de la legislación y los acuerdos internacionales*, en donde se identifica incumplimientos en el fraccionamiento del proyecto y en la evaluación de sinergias de impactos;
    - *Sinergias en la generación de valor*, que si bien existe, la ciudadanía demanda un bajo valor compensado en cuanto a la magnitud de los impactos.
  - No se cumple con los siguientes lineamientos:
    - *Mecanismos internos de control y reporte*, no existen tales mecanismos, y no hubo un correcto desempeño en la gestión social por parte de Novum Mare y Astaldi, evidenciados en los reclamos constantes por parte de la comunidad;
    - *Monitoreo participativo*, el cual no se establece y es ejercido por el inspector fiscal y no actores territoriales;
    - *Localización para la minimización de impactos negativos*: el análisis de pre-factibilidad y de factibilidad se realizó según la combinación técnico-económica de la misma y no respecto a impactos ambientales y/o incompatibilización del uso territorial;
    - *Minimización de impactos en la etapa de diseño*: la mitigación de impactos se realiza post definición del proyecto, por lo que las medidas son bajo la lógica compensatoria y no preventiva;
    - *Compensación ante impactos negativos no esperados*: no existe una mecanismo de compensación que permita gestionar impactos no previstos ni una gestión adaptativa;
    - *Proceso continuo de construcción de confianzas*: no se logra crear confianza entre el MOP/Astaldi/Novum Mare y los afectados. La relación siempre fue bajo incertidumbre, sensación de abandono y preocupación por parte de los afectados. No hubo participación ciudadana en los procesos de diseño y no hubo acuerdos legitimados por parte de la ciudadanía;
    - *Proximidad de la toma de decisiones*: la empresa subcontratada Novum Mare no ejerció una labor efectiva con la comunidad. La relación fue de desconfianza por lo que no hubo acuerdos entre las partes;

- *Gestión de impactos ambientales mediante enfoque ecosistémico*: la gestión de impactos se evalúa bajo los mínimos exigibles por la ley, siendo los oficios de pronunciamiento los que enriquecen en parte las medidas de mitigación y monitoreo. Además, se ignoran varios valores ambientales que no son analizados bajo una perspectiva integral;
- *Investigación científica local*: no son promovidos estudios de investigación científica local en torno al proyecto;
- *Gestión de impactos sociales*: Corresponde al eje crítico del proyecto y porque no se obtiene el acuerdo mutuo sobre el PDS. A juicio de los afectados, las medidas son insuficientes para mantener su condición de vida previa y la relocalización involucra un empobrecimiento. No se establecen mecanismos ni herramientas para la gestión de impactos.

#### 4.6.5. Propuesta de mejora en gestión socio-cultural

Revisados todos los antecedentes públicos dispuestos y solicitados por medio de la ley de transparencia, se observa un margen de mejora para ciertas gestiones, que de haber sido realizadas en su debido momento y con una mayor profundidad, podrían haber contribuido en la obtención de la licencia social y haber evitado todos los atrasos y sobre costos ocurridos luego del plan fallido en el relacionamiento comunitario.

Por lo tanto, en busca de promover que los proyectos de inversión de embalse y/o energéticos se desarrollen en forma sustentable y acorde a los estándares internacionales, que se realicen con base en el ejercicio y respeto de los derechos humanos de personas y comunidades, que generen una relación armónica con el territorio donde se instalan y, que contribuyan a su desarrollo, se enlistan aquellas gestiones que, a partir de los antecedentes recabados y el levantamiento de información proveniente de terreno del conflicto, darían mayor sustentabilidad al proyecto Punilla, y por consiguiente, una mayor aceptación de la ciudadanía y mayor certeza operativa para la industria generadora:

- **Participación temprana y asidua**: Algo recurrente en todos los estándares de sustentabilidad. Esta participación debe dotar de representatividad e inclusión. La ley 20.500 da cuenta de gestiones en pos de una mejora en este eje, entendiendo que sin la aprobación de la comunidades, ningún proyecto resulta sustentable en sí. La dificultad radica en los altos impactos del sector hidroeléctrico y de los proyectos de embalse, por lo que será necesario que el *traspaso de información sea de calidad y oportuno*, para que la comunidad entienda que la infraestructura es necesaria; y que el *traspaso de confianza* resulte con base en la participación en el proceso de diseño, incluso en el de instrumentos territoriales. Estas medidas son básicas para que al momento de ejecutar las obras no ocurran conflictos y se traben los proyectos. A partir de esto, los esfuerzos de acercamiento comunitario debiesen ser máximos, aún más cuando los proyectos se realizan a cargo del Ministerio de Obras Públicas. Considerando esto último, la Sociedad Concesionaria debiese interceder en el proyecto cuando el MOP ya haya realizado un buen trabajo previo de acercamiento, y los esfuerzos de esta se orienten al cumplimiento de acuerdos realizados entre el MOP y la ciudadanía y en fortalecer dicha relación. Lo ocurrido en el proceso de participación ciudadana en el proyecto Punilla, da cuenta de procesos de participación en los cuales no había claridad ni una planificación suficiente

para el traspaso de confianza a la comunidad. Las inquietudes de los afectados se mantienen hasta la última reunión y la sensación de una compensación insuficiente fue lo que los llevó a no firmar el PDS a algunos afectados. Por lo tanto, la incorporación de una estrategia concreta en cuanto a la obtención de acuerdos y entrega de certezas a la comunidad debe ser incluida en cualquier tipo de proyecto. Este plan de participación debe contar con actividades, plazos y objetivos claros.

- Respecto a las medidas de Mitigación, Compensación y Reparación, es necesario realizar todos los **esfuerzos monetarios para el traspaso de tranquilidad y certeza** en el bienestar futuro a la comunidad. El proyecto Punilla mantuvo y mantiene con sensación de abandono por parte del estado a los afectados. La imposición en el monto compensado y la incertidumbre en cuanto al futuro de los relocalizados, la presión ejercida para el avance de la expropiaciones a pesar de las malas relaciones, es precisamente lo que se tiene que evitar para lograr la sustentabilidad en proyectos hidroeléctricos y/o de embalse. La oposición al proyecto surge como respuesta natural a la amenaza lógica que representa el reasentamiento. No es solo una defensa de intereses materiales sino que responde a la defensa de su cultura y comunidad. Tal cual como señalan los lineamientos del BID, el costo en medidas de reasentamiento resulta en la inversión clave para la obtención de la licencia social, aporta a la consolidación de la confianza y evitará los gastos mayores que se deriven de la resistencia local, en atrasos y en la respectiva prolongación de los impactos, como ocurrió en este proyecto.
- Es necesaria la **incorporación de mecanismos de comunicación, reclamos y controversias**. Las demandas ciudadanas surgen a partir de irregularidades acompañadas del debido argumento, por lo que deben ser al menos recibidas, y en caso de procedencia de la causa, realizar las *gestiones adaptativas*. A esto sumarle, un acuerdo respecto a que medidas tomar si existen incumplimientos, para dar certeza a los procesos realizados, y que el proyecto avance bajo la *corresponsabilidad de los actores*. Esto último, hubiese permitido dar solución a la negativa a firmar el PDS, con un mecanismo de resolución del conflicto y con el conocimiento por parte de los afectados, sobre la carga mínima no cumplida, según el tribunal ambiental, de hacerse partícipe del proceso.

## 4.7. Comentarios Finales sobre Sustentabilidad

Más allá de acciones específicas a realizar en cada proyecto, se identifica una gran lejanía en cuanto a lo estipulado por los estándares sobre Hidrosustentabilidad. Aún así, los trabajos ejecutados en el marco de la política energética de largo plazo, estipulan un avance en cuanto a los lineamientos para un desarrollo sustentable de esta industria. Es por esto, que se realizan ciertas posturas recogidas en las mesas de participación, considerando que la incorporación de mejoras son totalmente necesarias en proyectos hidroeléctricos y de embalses, y el proyecto Punilla reafirma esto. Otro antecedente a destacar, es que el proyecto Punilla en el contexto de evaluación bajo metodología Envision en la asociación con el BID para Infraestructura Sostenible, busca ser modelo para el Plan de Nacional de Embalses de la DOH. En este marco desafiante entre las aspiraciones nacionales, las demandas ciudadanas y los estándares internacionales, se recogen ciertos lineamientos que son necesarios para la Sustentabilidad y aún no son llevados a cabo en su totalidad.

Respecto a la *gestión integrada de cuencas*, que los estándares califican como esencial para entender la concepción de proyectos hidroeléctricos y sobre el uso del recurso hídrico en sí, resulta urgente realizar estudios para dotar de una mayor calidad la línea base de las cuencas hidrográficas. Un mejor sistema de información puede contribuir a disminuir los conflictos y dudas del aporte de la tecnología en esta materia, y a otorgar una mayor planificación territorial sobre la sinergia de impactos de los proyectos en el recurso hídrico, entendiendo el multipropósito de las cuencas y el uso alternativo del agua. En cuanto a la *gestión pública*, existe consenso general respecto de la necesidad de suplir las actuales insuficiencias de los instrumentos territoriales. En este sentido, se destaca que entre los instrumentos, la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) es un mecanismo idóneo que está siendo implementado y debiese dar forma a la definición de estas políticas.

Respecto al *marco de referencia estratégico*, se evidencian avances respecto a lo estipulado en la política energética. El proyecto aparece situado en los instrumentos de gestión territorial, aunque aun no existe un Plan Energético Regional que evalúe la compatibilidad social de los proyectos en agenda. Todo esta transformación se encuentra en proceso y se dará en un horizonte a mediano plazo, mientras exista voluntad política. Por otra parte, los PROT debiesen incorporar una gestión a nivel de cuenca para ser instrumentos con enfoque sustentable respecto al manejo del recurso hídrico, el cual es la base para las distintas economías regionales. Por otra parte, se hace necesario que la caracterización del territorio incluya la variable del *cambio climático* y se realicen gestiones adaptativas a partir de la misma.

En cuanto a las demandas ciudadanas, surgen aspectos que dan cuenta de una desactualización del proyecto respecto al marco normativo. No se evalúa de manera conjunta y no fragmentada el impacto de la generación y la transmisión. A su vez, no se evalúa ambientalmente la sinergia de impactos de estos proyectos, dando así incertidumbre respecto a la calidad de las medidas ambientales definidas por la RCA. Se suma también el incumplimiento en los cronogramas lo cual prolonga los impactos sociales del desalojo, y deriva en una desactualización de los impactos medidos en la línea base, la cual fue levantada hacia aproximadamente 20 años. Aspectos como la transparencia son necesarios también, el MOP debiese ser capaz de justificar la factibilidad del embalse en condiciones de operación con caudales menores, sensibilizando caudales de entrada y así dar respuesta a las inquietudes de la comunidad respecto al efecto del cambio climático. Debiese responder también el uso que tendrá el agua, ya que al no estar regulado el multipropósito se espera que prevalezca el derecho de la concesión y derechos de aprovechamiento de agua en vez del derecho de las comunidades.

Finalmente, el desarrollo hidroeléctrico sustentable requiere la incorporación de criterios socioambientales en la política de fomento de esta tecnología por parte del Estado, que expanda el alcance de los actuales criterios técnico-económicos. Dentro de lo posible, incluir todas las externalidades negativas de los proyectos de generación en las ecuaciones de costo-beneficio (Centro de Energía FCFM, 2014). Esto contribuiría a abordar el desafío de la compatibilización de intereses que tienen lugar en distintas escalas territoriales (nacional versus local). Es necesario también, dotar de transparencia al proceso, transmitir confianzas y dar certeza al bienestar futuro de la comunidad afectada, para así guiar correctamente el desarrollo del proyecto. Estos son factores claves y que el proyecto Punilla no abordó de manera eficiente, y que propiciaron la oposición de la comunidad frente al proyecto.

# Capítulo 5

## Estándar de Diseño del proyecto

En este capítulo se procede a verificar que el diseño del proyecto esté acorde a los estándares de diseño que aseguren la factibilidad técnica del mismo. Para ello, se analizan ciertos documentos que dan cuenta del proceso de diseño, su actualización y como este se relaciona con los estándares. Las Bases de Licitación del proyecto (BALI) establecen en el punto 2.2.1 (pág. 185) que los Proyectos de Ingeniería de Detalle que debe confeccionar la Sociedad Concesionaria deberán cumplir con “la legislación nacional vigente, las normativas y criterios utilizados por: el Ministerio de Obras Públicas, la Dirección General de Aguas, la Dirección de Obras Hidráulicas y los criterios actuales de *diseño de grandes presas*, en especial las recomendaciones contenidas en las publicaciones técnicas del U.S.B.R., US Army Corps Of Engineers e ICOLD”. Siguiendo estas exigencias, se procede a verificar el estándar de diseño del proyecto Punilla utilizando como documento guía el “Diseño de pequeñas presas” del Bureau of Reclamation (2007), en adelante “la Guía”, el cual detalla enfoques y procedimientos para los proyectos de presas desde su concepción hasta la operación y mantenimiento. Cabe destacar, que para detalles técnicos se realiza posteriormente una revisión bibliográfica respecto a “Large Dams”, con base en documentación proveniente del ICOLD e investigaciones recientes sobre presas CFRD.

1. **Planteamiento del proyecto:** “El planteamiento del proyecto consiste en identificar las necesidades y posibilidades vinculadas con el agua, desarrollando planes alternativos que satisfagan estas necesidades y tengan en cuenta los recursos” (Bureau of Reclamation, 2007). Respecto a esto, el proyecto si considera las variables económicas, sociales, ingenieriles, hidrológicas, geográficas e institucionales, pero no las medioambientales. Esto ya fue abordado en el Capítulo 4 sobre sustentabilidad, en donde se enfatiza en que el estudio de alternativas de emplazamiento minimiza los impactos ambientales. El planteamiento del proyecto es evaluado en los estudio de prefactibilidad, factibilidad y en el diseño del proyecto. Se evalúa la necesidad en torno al recurso hídrico, alternativas de diseño y factibilidad técnico-económica del mismo, con afinidad sucesiva en las evaluaciones, y con una revisión progresiva de problemas y posibilidades según señala documento.
2. **Consideraciones Ecológicas y Medioambientales:** Estas consideraciones fueron analizadas en el Capítulo 4.
3. **Elección del tipo de presa:** Considerando la disponibilidad de materiales para la construcción y las condiciones de fundación, en el Estudio Integral de Riego se concluyó

que técnicamente es factible desarrollar dos tipos de muro de presa: Presa de Enrocados con Pantalla de Hormigón (CFRD) o Presa de Hormigón Compactado con Rodillo (HCR). El análisis de costos efectuado en dicho estudio, determinó que la solución de CFRD es la más económica en este caso según muestra la Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Comparación de costos en el tipo de presa. Fuente: EDIC (2004).

<b>Parte de obra</b>	<b>PRESA CFRD Millones \$<sup>1</sup></b>	<b>PRESA RCCD Millones \$</b>
Ataguías	875,93	875,93
Presa	9.585,72	48.630,05
Vertedero y Rápido	11.609,97	4.815,78
Túneles de Desvío	2.928,01	1.146,56
<b>Total Solución</b>	<b>24.999,63</b>	<b>54.644,72</b>

4. **Cimientos y materiales de Construcción:** Se realiza acorde al diseño planteado por la guía y se encuentra en el Capítulo 4 “Estudios geológicos y geotécnicos” del Diseño de detalle del proyecto (2004). Se lleva a cabo la campaña de exploración, se recoge toda la información topográfica y geológica, hidrológica y geotécnica a disposición, más la llevada a cabo por las prospecciones. Se efectúa un plano geológico-geotécnico para la zona de presa, el estudio de yacimientos para relleno, pedraplenes, áridos para el hormigón, la clasificación de suelos y rocas y, la caracterización de los parámetros de diseño con la realización de los ensayos en terreno y laboratorio necesarios.
5. **Fundación:** Los rellenos de la presa CFRD se apoyan en roca, gravas arenosas limpias o con algo de fino, es decir, suelos densos y compactos. Lo anterior obligará a retirar la totalidad de los suelos finos que cubren la roca y otras formaciones en el área donde se colocarán rellenos. La pantalla de hormigón se apoyará en un plinto que se ha definido de acuerdo al procedimiento que establece A. Marulanda y N. Pinto, en el artículo denominado “Recent Experience on Design, Construction, and Performance of CFRD Dams”. Además, se aplica una cortina de inyecciones que asegure en el contacto con el plinto una roca impermeable, no erosionable, dado que en esa zona los gradientes hidráulicos son muy altos. Esta cortina será de carácter trilineal, donde las dos perforaciones laterales llegarán hasta los 6 m de profundidad. En el centro se dispondrá una corrida de perforaciones que alcanzará una profundidad mínima de 30 m o de 2/3 de la carga hidráulica máxima. En este caso, las profundidades alcanzarán los 90 m. Esto es acorde a lo señalado en la Guía.
6. **Materialidad de rellenos:** La materialidad abordada en esta guía ha sido modificada a partir de las actualizaciones en los últimos años sobre la distribución de rellenos masivos (Ver Figura 3.6). Esto se aborda posteriormente, en la sección 5.2.
7. **Evacuador de Crecidas:** Respecto al diseño de esta obra se siguen los lineamientos de la guía. Se diseña según la minimización de costos del embalse. Se considera un caudal de diseño para una crecida milenaria que se evacúa con la revancha de diseño

<sup>1</sup> Nota: El nivel de precios del presupuesto comparativo es del 30 de septiembre de 2000.

(3,4 m), una crecida decamilenaria con revancha aceptable y la evacuación de la crecida milenaria con una compuerta fuera de servicio. Esto maximiza la seguridad de la obra. Cabe destacar, que el diseño de las obras es bajo las indicaciones de la guía, apareciendo esta en la bibliografía de la Memoria de Cálculo del vertedero. Además, se efectúan optimizaciones respecto a los informes del Panel de Expertos, con lo que se da por cumplido el estándar de diseño.

8. **Desvío durante la construcción:** Se siguen los lineamientos dispuestos en la guía tanto para los túneles de desvío como ataguías. Además, el trazado de los túneles de desvío fue analizado por el Panel de Expertos.

## 5.1. Revisión de Expertos del proyecto Punilla

El diseño de detalles presentado por EDIC contó con la asesoría de un Panel de expertos que realizaron visitas a Chile con el fin de evaluar y dar mejora al diseño propuesto. Se presenta a continuación, aquellas modificaciones y observaciones presentadas por expertos en presas grandes, que dan cuenta de la revisión del proyecto y que derivan en la ejecución de las obras acorde al estado del arte a la fecha de la asesoría.

### 5.1.1. Panel de Expertos

EDIC Ingenieros y el MOP convocó el 15 de Abril del 2002 a un panel de expertos compuesto por Mr. Alfred J. Hendron y Mr. Nelson L. De S. Pinto. Se acordó revisar entre otras cosas la Implantación del Proyecto, Hidrología, Investigaciones Geológicas, Manejo del Río, Muro de Presa, Vertedero y Obras de Conducción y Entrega. Posteriormente, el 21 de agosto del mismo año se realizó las observaciones pendientes que quedaron sujetas a exploraciones nuevas. Estas modificaciones fueron incorporadas en el diseño de Ingeniería de detalles presentado en el Capítulo 3 y se resumen a continuación:

- Modificación del trazado de desvío de los túneles para alcanzar una cobertura total de roca de al menos un diámetro del túnel (13 m). Para ello, fueron necesarios sondeos adicionales estratégicos, con los cuales, EDIC decide trasladar 50 m hacia aguas arriba los portales para obtener las condiciones geotécnicas apropiadas para los túneles.
- Consideraciones para la zonificación de la presa. Se sugiere que el ancho de los rellenos 2B y 3A debe mantener los 4m y no angostarse cuando se rellena la zanja o trinchera excavada en el lecho del río. Esto se traduce en agregar una zona 3B de 6 m de ancho sobre la roca y adyacente a la zona 3A, la cual tiene un ancho constante de 4 m al igual que la zona 2B (Figura 5.1).
- Para el plinto se ha convenido sobre la geometría básica. Se dispone un ancho mínimo de 4 m para mantener un gradiente máximo de 20 en roca sana y de 15 en roca algo alterada. El anclaje en la roca es mediante pernos de 25 mm, espaciados a 1,20 m, y de 6 m penetrando en la roca. Esto resulta finalmente, en pernos de 26 mm con 3,5 m de largo metido en roca.
- Para la pantalla de Hormigón se especifican detalles para la armadura y se decide utilizar para su espesor:

$$t = \begin{cases} 0,3 + 0,0023H(m) & \text{si } H \text{ es menor a } 100 \text{ m} \\ 0,0045H(m) & \text{si } H \text{ es mayor a } 100 \text{ m} \end{cases}$$

Donde H es la profundidad.

- Para el vertedero se incorpora un muro guía curvo en el lado derecho del canal de aproximación para mejorar las condiciones de escurrimiento en la compuerta del lado derecho. Se mueve 20 m aguas abajo para un mejor alineamiento con el eje de la presa. Se optimizó el perfil del rápido, dando por resultado el diseño presentado en el Capítulo 3.
- Respecto a la cortina de inyecciones, coronamiento, tubería de aducción, casa de válvulas y máquinas no existe mayor observación.

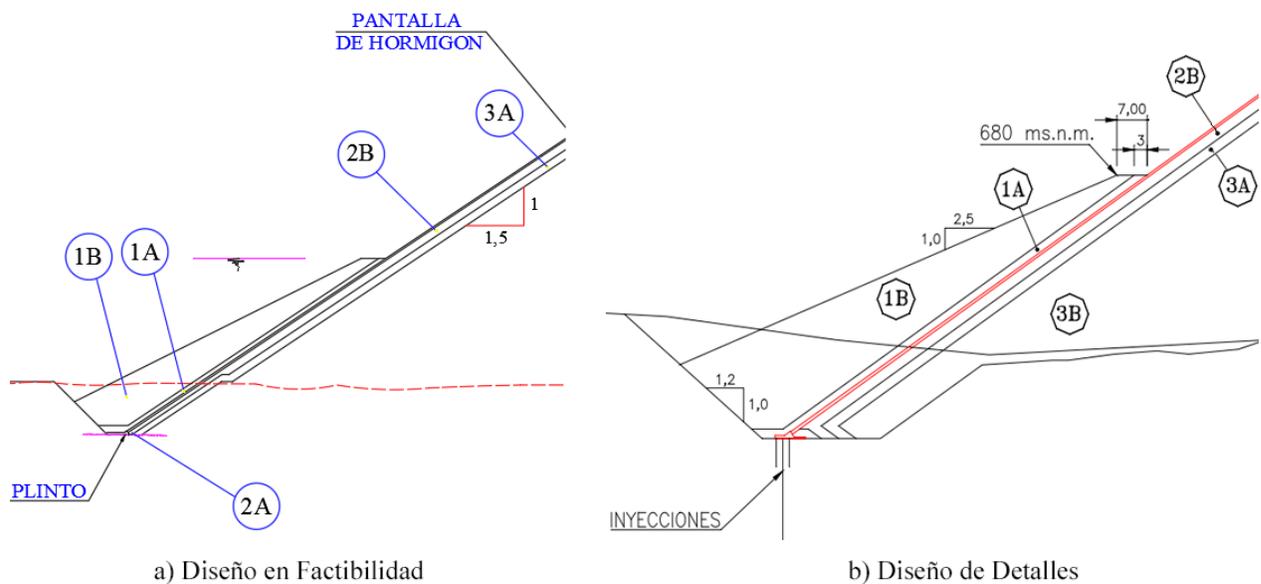


Figura 5.1: Modificaciones a la zonificación por panel de expertos. Fuente: Elaboración propia a partir de EDIC (2004).

### 5.1.2. Asesoría Sr. Bayardo Materón

Durante agosto del año 2003, se efectuó una revisión de antecedentes y documentos sobre el Diseño de la Presa del Embalse y Central Punilla a cargo del experto internacional Sr. Bayardo Materón. Adicionalmente, se realiza una visita al sitio de las obras y se elabora un informe de comentarios y recomendaciones del asesor. Entre las principales observaciones realizadas al diseño del proyecto se tiene:

- Los depósitos de suelos residuales procedentes de cenizas volcánicas y el material orgánico son incompatibles con los rellenos de gravas compactadas y necesitan ser removidos.

- Las terrazas coluviales constituidas por talus (Derrubios de laderas) pueden permanecer dentro de la presa con excepción de la zona del plinto y en transiciones tipo 2A, 2B, 3A y 3B hasta una distancia equivalente a  $0.20H$ . Lo mismo para terrazas antiguas y recientes.
- Respecto a la cantidad de perforaciones e investigaciones realizadas, el asesor opina que las interpretaciones geotécnicas y las optimizaciones ejecutadas justifican la disposición actual de las estructuras que corresponden a la disposición final de obras presentadas en la Sección 3.4.
- La configuración del sitio de la presa es favorable para el manejo del río y permite, probablemente, la colocación anticipada de rellenos en el lecho y en el margen derecho, mitigando las demandas de rellenos durante la construcción de la presa.
- Los taludes de 1.5H:1V para aguas arriba y 1.6H:1V para aguas abajo, son convencionales, coherentes con la experiencia internacional y los análisis de estabilidad.
- La zonificación de la presa obedece a la nomenclatura internacional. La granulometría de las zonas 2A, 2B y 3A es adecuada para su función dentro de la presa.
- La presa podría compactarse con un solo espesor de 1.00 m como fue inicialmente adoptado, aunque la modificación de las capas 3B para 0.60 m y 3C para 0.90 m, solicitada por la DOH, ya ha sido utilizada en otras presas, es adecuada y más conservadora.
- Los criterios de fundación del plinto han sido recientemente verificados de acuerdo con la calidad de la roca existente, según clasificación internacional, y con los gradientes hidráulicos que impone el embalse.
- Los criterios de fundación adoptados por EDIC son idóneos para colocar el plinto en esta fase de diseño. Este criterio consiste en colocar el plinto en roca tipo I y tipo II, utilizando un plinto externo de 4 m y losa interna en los sitios donde la calidad de la roca y el gradiente exigen un ancho mayor.
- Las dimensiones del plinto, conservando un espesor externo similar al espesor de la losa, son correctas. La losa interna, donde se requiera, es siempre de 0,30 m de altura.
- El punto Z, definido como el eje de control geométrico, debe mantener siempre una altura de 0,90 m.
- Los hormigones seleccionados H15 para relleno de reposición de roca y H25 para el plinto son adecuados.
- La armadura del plinto es convencional y debe cumplir el criterio de 0,4% de la sección transversal en ambas direcciones, según establece el diseño empírico de la misma. El hierro pasa a través de la junta con la losa interna.
- La consideración de una cortina central de inyección con dos líneas laterales de consolidación es convencional y utilizada frecuentemente en este tipo de presa. El criterio de consolidar hasta 30 m y ejecutar la cortina central con  $2/3$  de la presión hidrostática es generoso y prudente, dado las anomalías observadas en el margen izquierdo, aunque hay evidencia de la presencia de roca. Igualmente, el criterio de colocar los primarios a 6 m es conservador, ya que resulta en terciarios a 1,50 m.

- El criterio utilizado para losa de hormigón es adecuado aunque conservador para una presa de gravas. Recientemente para presas altas se ha introducido una modificación a la fórmula con base en la experiencia Australiana de Reece (122 m) donde se utilizó la fórmula  $t=0,30+0,001H$  m.
- El ancho de 15 m de las fajas de losa es convencional y utilizado frecuentemente.
- Implementación de Bordillo extruido (Figura 5.2.a): este fue utilizado por primera vez en la obra de Itá (125m), posteriormente en todas las presas Brasileñas además de otras presas en construcción en otros países. Las ventajas del bordillo consisten en: reducir la segregación del material 2B, equipo de fácil manejo, protege el talud contra erosión, reduce capa de mortero para sello de cobre, operación segura controlada con láser, construcción rápida (60 m/h), superficie uniforme, economiza material 2B, reduce exceso de concreto de la losa y facilita colocación de armadura (Materón, 2015a). Finalmente, el bordillo facilita la colocación de los hormigones de la pantalla al presentar una superficie del talud de aguas arriba, relativamente plana.
- El parapeto diseñado para Punilla (Figura 5.2.b) es una solución económica, que facilita la construcción de la 2ª etapa de la losa. El ancho de la cresta de 8 m es adecuado y muy utilizado en regiones sísmicas (Salvajina, 148m, Colombia). Este parapeto puede ser construido pre-fabricado.
- La envolvente de análisis granulométricos con muestras obtenidas de las calicatas, indican gravas gruesas arenosas con tamaño máximo predominante de 0,60 m y porcentajes de arena que generalmente se encuentran entre 10–30 % con valores extremos que llegan a 50 %. El porcentaje de finos ( $< N_{o} 200$ ) varía entre 2–8 %. Estas gravas son materiales excelentes para el relleno de la presa.
- Los ensayos de caracterización de estos materiales indican los valores siguientes: Peso específico  $> 2,70$ , Reacción al sulfato de sodio  $< 10 \%$ , Abrasión Los Ángeles  $< 20 \%$ . Estos valores indican muy buena calidad y reafirma la observación visual durante la visita al sitio.
- Los análisis de estabilidad estáticos y dinámicos corresponden a la experiencia internacional y no tienen mayor observación.

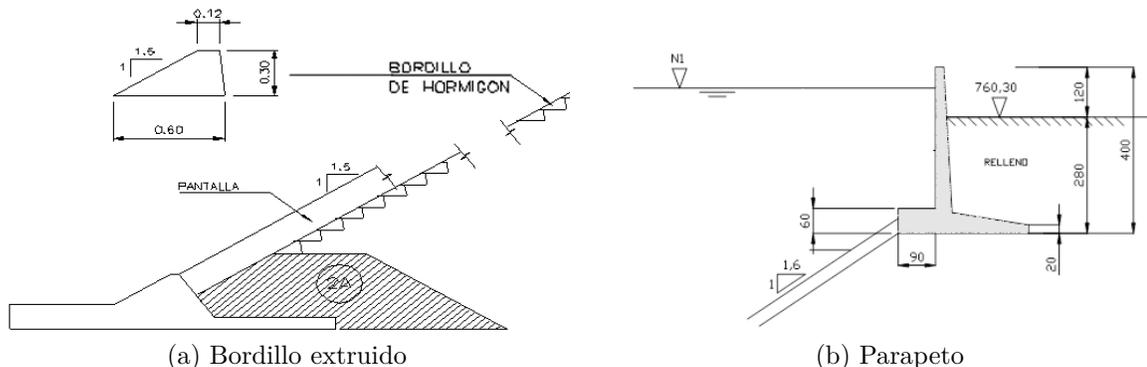


Figura 5.2: Esquemas de Bordillo extruido y Parapeto. Fuente: EDIC (2004).

Por lo tanto, con estas incorporaciones se da por cumplido el estándar internacional de diseño para grandes presas hasta el año 2004, momento en que es publicado el Diseño del Embalse Punilla.

## 5.2. Revisión Embalse Punilla - Criterios ICOLD

Se procede a revisar aquellas actualizaciones adoptadas en el diseño de grandes presas para el año posterior a la publicación del diseño del proyecto (2004).

### Zonificación

El antecedente referencial N°9 de las BALI “Revisión Embalse Punilla, según Criterios Presas de Gran Altura” efectuado por la DOH, presenta una revisión al 2014 sobre los criterios de grandes presas. En dicho documento, se menciona la actualización en la disposición de los rellenos 3B y 3C, modificación ya mencionada y adoptada en la oferta técnica de Astaldi, mostrada en la Figura 3.6 y que fue propuesta por Materón y Fernandez (2011) (Figura 5.3). Los cambios principales en la zonificación corresponden a que la zona 3B debe extenderse en la parte superior de la presa (25 - 30 % H) hasta el talud aguas abajo, y el cambio de la pendiente que limita la transición de rellenos de enrocado 3B y 3C, adoptando una inclinación hacia aguas abajo (Materón y Fernandez, 2011). Este último cambio obedece a las fracturas observadas en la losa de hormigón en las presas de Aguamilpa (187 m, México) y Tianshengqiao-1 (178 m, China). En ambas presas se observó una gran diferencia de módulo entre el enrocado de aguas arriba (3B) y el de aguas abajo (3C). Para la presa Tianshengqiao-1, el módulo del enrocado de aguas abajo era la mitad que el del enrocado de aguas arriba, y para la presa Aguamilpa, estos tenían una razón 5:1, lo que agravó el asentamiento diferencial entre las zonas de enrocado aguas arriba y aguas abajo (Ma y Chi, 2016). Con esta modificación se logra disminuir los impactos de la deformación del relleno de aguas abajo en la losa de hormigón.

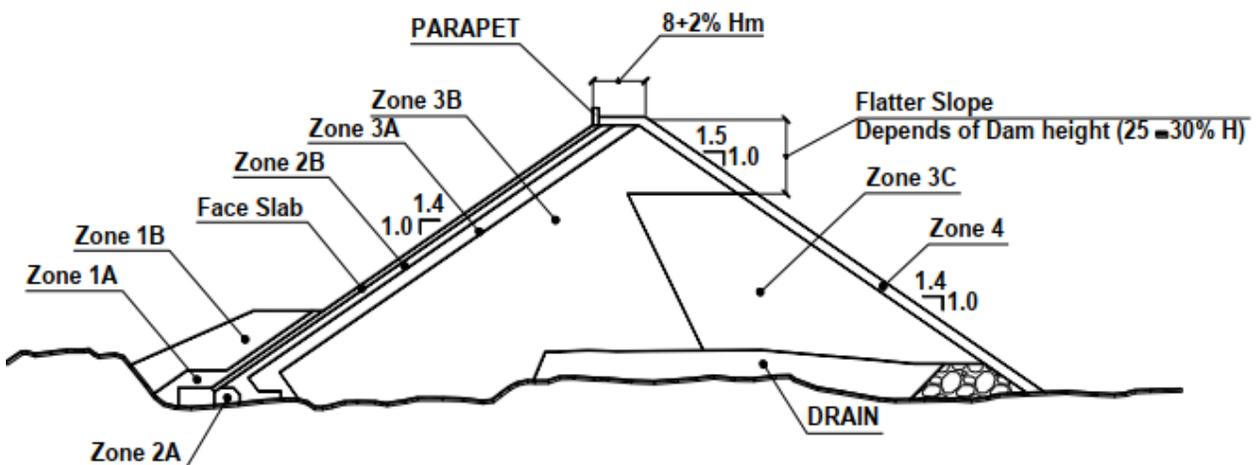


Figura 5.3: Sección típica de CFRDs en regiones sísmicas. Fuente: Materón y Fernandez (2011).

Dicha zonificación ha sido modificada para presas en zonas sísmicas (Materón et al., 2015b), la cual corresponde a la mostrada en la Figura 5.4.

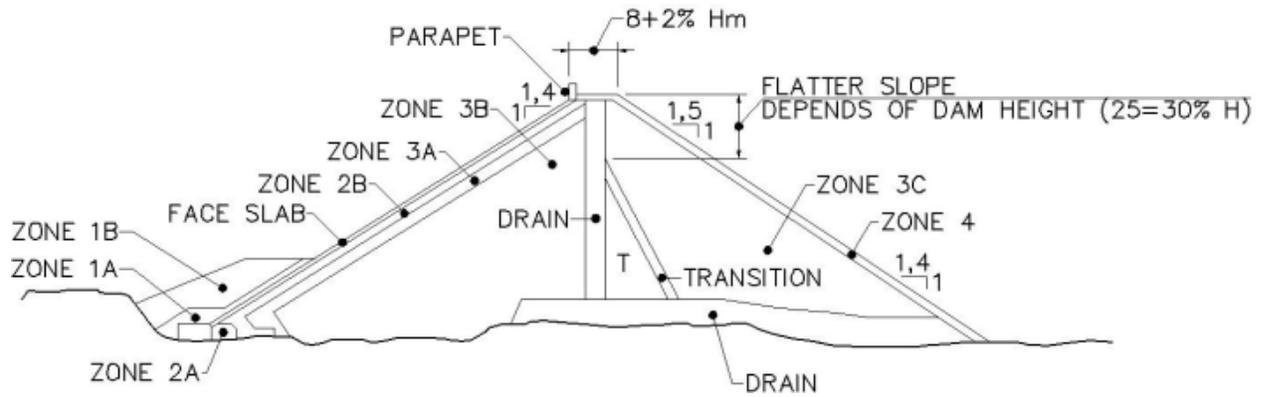


Figura 5.4: Sección típica actual de CFRDs en regiones sísmicas. Fuente: Materón et al. (2015).

Respecto a la adopción de esta zonificación en el embalse Punilla, existe una presentación del Ingeniero Rafael Basso para el Comité Peruano de Grandes Presas (COPEGP) del año 2019, que da cuenta de esta actualización en la disposición de rellenos. R. Basso es parte de Lombardi SA, empresa que fue contratada por la SCAP (Sociedad Concesionaria Aguas de Punilla) para la realización de estudios preliminares, diseños civiles, diseños electromecánicos y supervisión de obras. Dicha presentación se titula “Diseño de CFRD en condiciones sísmicas severas” y presenta el análisis Estático y Dinámico de la presa Punilla. En ella se muestra la zonificación adoptada por Lombardi (Figura 5.5) para el Diseño Final de la presa, durante el proceso de actualización de Ingeniería de Detalles en el año 2018. Cabe destacar que dichos documentos fueron solicitados por medio de la Ley de Transparencia pero no fue posible su obtención.

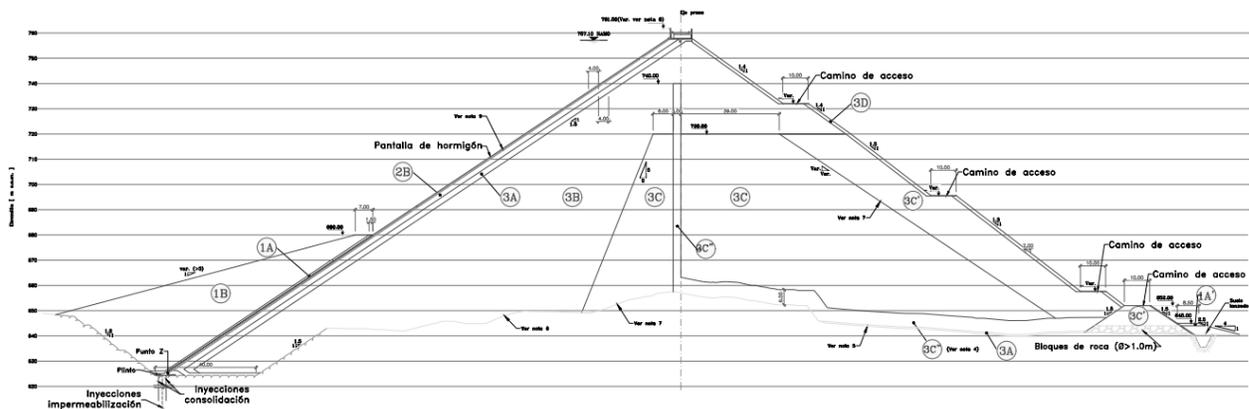


Figura 5.5: Sección típica actualizada para el muro de presa del proyecto Punilla. Fuente: Basso (2019).

De la Figura 5.5, se aprecia la incorporación de modificaciones acordes a la sección recomendada actual para zonas sísmicas, esto es:

- La incorporación del Dren (3C”) de 3 m de espesor a lo largo del eje de la presa a partir de la El. 740 m.s.n.m., para proteger el enrocado aguas abajo ante una eventual saturación en la fase de operación u ocurrencia de sismos. También se incorporó un dren (3C”) en la zona del cauce del río de 6 m de espesor, entre los depósitos aluviales de fundación en el lecho del río y el relleno de enrocado de aguas abajo. De esta manera, en

el caso de infiltraciones por la pantalla de hormigón, el dren impide que haya una napa en el cuerpo de la presa y, en consecuencia, mejora su comportamiento y seguridad.

- La zona de transición (T), que puede ser de inferior calidad al relleno 3B o 3C, se mantiene en relleno tipo 3C.
- Mayor precisión en la zona de enrocado de aguas abajo con la incorporación de zona 3C', que corresponde a enrocado de excavación proveniente de las obras anexas.
- La implementación del camino de acceso del paramento aguas abajo para atender las necesidades de logística y tener un acceso frente a eventuales reparaciones del paramento.

Respecto al detalle de los rellenos, la Tabla 5.2 muestra las especificaciones técnicas de cada zona.

Tabla 5.2: Disposición final de Rellenos de la presa. Fuente: Basso (2019).

Zona	Material	% Finos (#200)	Colocación	Compactación
1A	Suelo fino no cohesivo ( $\phi_{max} < 1$ mm)	0	Capas de 0,2 m de espesor (suelto)	Densidad >93 % ASTM D98
1A'	Suelo con finos ( $\phi_{max} < 80$ mm)	>20 %	Capas de 0,2 m de espesor (suelto)	Densidad >93 % ASTM D98
1B	Random	-	Capas de 0,9 m de espesor (suelto)	Compactado con equipo de transporte
2A	Arena con gravas ( $\phi_{max} < 40$ mm)	<5 %	Capas de 0,2 m de espesor (suelto)	Densidad relativa >80 %
2B	Fluvial ( $\phi_{max} < 100$ mm)	<8 %	Capas de 0,3 m de espesor (suelto)	Densidad relativa >80 %
3A	Fluvial ( $\phi_{max} < 25$ cm)	<8 %	Capas de 0,3 m de espesor (suelto)	5 pasadas de rodillo vibratorio liso (peso tambor >5 ton/m)
3B	Fluvial ( $\phi_{max} < 50$ cm)	<8 %	Capas de 0,6 m de espesor (suelto)	5 pasadas de rodillo vibratorio liso (peso tambor >5 ton/m)
3C	Fluvial ( $\phi_{max} < 80$ cm)	<5 %	Capas de 0,9 m de espesor (suelto)	5 pasadas de rodillo vibratorio liso (peso tambor >5 ton/m)
3C'	Enrocado de excavación ( $\phi_{max} < 80$ cm)	<5 %	Capas de 0,9 m de espesor (suelto)	5 pasadas de rodillo vibratorio liso (peso tambor >5 ton/m)
3C''	Dren de gravas ( $\phi_{max} < 25$ cm)	<5 %	Capas de 0,3 m de espesor (suelto)	5 pasadas de rodillo vibratorio liso (peso tambor >5 ton/m)
3D	Bloques de roca sana ( $\phi_{max} > 1,0$ m)	-	Arreglado con tractor y excavadora	Enclastonado en la cara de aguas abajo

## Diseño de la losa

Según Materón (2015), la mayor parte de las losas de las presas tipo CFRD han sido diseñadas utilizando la siguiente fórmula empírica, limitando el gradiente  $H/T$  a 220 aproximadamente:

$$T = 0.30m + kH(m)$$

Donde:

$T$  = espesor de la losa en m.

$H$  = Profundidad desde el nivel de aguas máximas normales.

$k$  = coeficiente que varía entre 0,002 – 0,0035.

Para presas mayores a 120 m de altura la fórmula utilizada es  $T = 0,0045H$  en el fondo, variando linealmente hasta 0,30 m en la corona. Esto es implementado por el diseño de la losa en el proyecto Punilla, el cual establece la primera fórmula para una profundidad  $H$  menor a 100 m y la segunda para una profundidad mayor a 100 m. Con esto, se tiene un espesor variable uniforme entre 0,3 y 0,66 m en el fondo.

## Armadura de la losa

Según Materón (2015), el refuerzo de la losa ha sido diseñado utilizando fórmulas empíricas como sigue:

- Vertical: 0,40 a 0,50 % de la sección de la losa;
- Horizontal: 0,30 a 0,35 % de la sección de la losa;
- Estos porcentajes se han incrementado en algunas presas hasta valores de 0,5 % en estribos muy inclinados o en la proximidad del plinto (15 a 20 m), considerando una zona con doble refuerzo perpendicular al alineamiento de la junta perimetral.

Este diseño empírico es recogido por el Diseño de EDIC, en donde se han considerado una enfierradura central con cuantías de acero de 0,4 % en los verticales y 0,3 % en los horizontales, salvo en una franja de 25 m de ancho a lo largo de la junta perimetral, donde se colocará enfierradura con cuantías de 0,4 % en ambas direcciones en forma de malla en el centro de la losa. En este último, se observa una carencia respecto a la disposición de doble malla en la junta perimetral por lo que, dada la alta sismicidad de la zona de emplazamiento del Punilla, se recomienda incorporar el refuerzo perimetral con una disposición de doble malla y con una cuantía de acero de 0,5 %.

## Hormigón

El hormigón a utilizar en la losa de hormigón se ha fijado en 21 Mpa según las recomendaciones establecidas por los asesores Srs A. Hendron y N. Pinto en su visita de Abril de 2002. Actualmente, se recomienda una resistencia entre 25 Mpa y 30 Mpa (Basso, 2019).

## Cresta de presa

El ancho de la cresta debe ser de 8 m como mínimo para presas de hasta 150 m de altura. Para presas de más de 150 m, se aumenta el ancho de la cresta empíricamente a:

$$w = 8 + 0,02H$$

Donde:

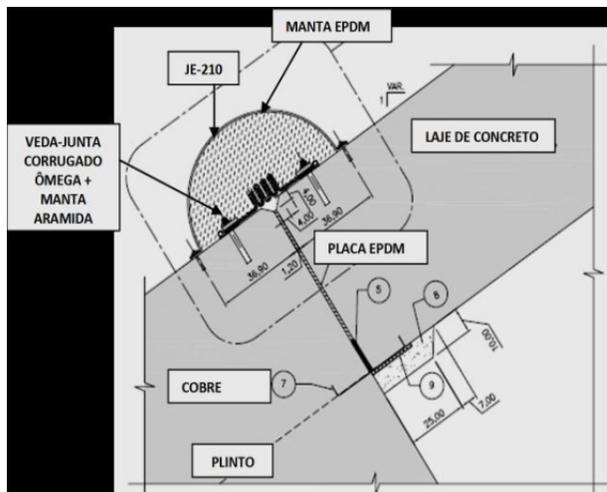
w= ancho de cresta.

H= altura de la presa en metros.

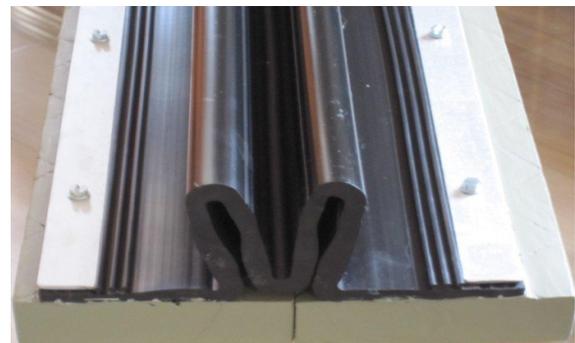
El ancho efectivo de la presa Punilla corresponde a 8,2 m, por lo que se cumple con este criterio. Cabe destacar, que este ancho es mayor a los adoptados en las presas de Puclaro y Santa Juana.

## Juntas y Sellos

Para las Juntas horizontales, verticales y perimetrales no existe una recomendación específica, y se cuenta con una variada materialidad para su ejecución. El proyecto Punilla, considera las juntas verticales cada 15 m que corresponden a valores normales en la práctica constructiva internacional. En la parte superior de la losa se ha considerado la instalación de sellos tipo Omega o equivalentes, contruidos con material EPDM con dimensiones coherentes con aberturas esperadas (Figura 5.6.a). En la parte inferior de la losa se ha considerado la utilización del sello tradicional de cobre. La Figura 5.6 muestra el esquema de la junta perimetral dispuesta en la presa Chaglla (211 m, Perú), en donde se dispone una junta superior del tipo omega y en la parte inferior un sello de cobre.



(a) Junta Perimetral



(b) Sello superior tipo Omega

Figura 5.6: Esquema de Junta perimetral Central Chaglla. Fuente: Materón (2015a).

### 5.3. Análisis de Estabilidad

En el punto 2.2.2.3.2 de las BALI, sobre Análisis de Estabilidad de la presa, se menciona “Los análisis de estabilidad mínimos exigidos, son los análisis estático y dinámico, para los Sismos Máximo Creíble y de Diseño”. Bajo estas exigencias, se presenta a continuación los parámetros de resistencia considerados y el análisis de estabilidad estático y dinámico del proyecto Punilla.

#### 5.3.1. Parámetros de resistencia

Para la determinación de los parámetros de resistencia fueron realizados ensayos triaxiales con probetas remoldeadas y saturadas de 1,20 m de altura por 0,60 m de diámetro. Las probetas fueron preparadas con densidades de  $2,12 t/m^3$  y  $2,29 t/m^3$  y ensayadas con presiones de confinamiento que variaron entre  $1 Kg/cm^2$  y  $8 Kg/cm^2$ . Se ha considerado que las probetas más densas representan mejor los rellenos de Punilla (EDIC Ingenieros, 2004). Estos ensayos son ajustados con modelo hiperbólico de tensión-deformación propuesto por Duncan (1980) y permiten la obtención de los parámetros de resistencia hiperbólicos. A continuación, la Tabla 5.3 muestra la densidad, el ángulo de fricción y su variación frente a la presión de confinamiento utilizados en varias presas chilenas. La última columna muestra los resultados del proyecto Punilla obtenidos a partir del modelo hiperbólico.

Tabla 5.3: Parámetros de resistencia utilizados en Punilla y otras presas chilenas. Fuente: EDIC (2004).

Parámetro	Puclaro	Colbún	Melado	Punilla
$\gamma[t/m^3]$	2,4	2,3	2,37	2,35
$\phi_0$	50°	45°	50°	55°
$\Delta\phi$	9,5°	-	9,5°	15°

Al comparar el ángulo de resistencia al corte de las gravas del río de Punilla respecto a los parámetros considerados en rellenos de presas chilenas, se aprecia que este es mayor al normalmente seleccionado en la práctica relativa a materiales de rockfill. Materón (2003) menciona en su asesoría que los parámetros son razonables y acordes a la experiencia internacional y que varían por el contenido de finos. Por ejemplo, la presa Aguamilpa (187 m, México) que en su momento fue la mayor presa de cara de hormigón construida con gravas compactadas, los valores corresponden a  $\phi = 53^\circ$  y  $\Delta\phi = 5.4^\circ$ , para gravas con contenidos bajo de finos ( $<5\%$ ). Para la presa Los Caracoles (130 m, Argentina) los valores son  $\phi = 55^\circ$  y  $\Delta\phi = 7.6^\circ$ . Ambos similares a los  $\phi = 55^\circ$  y  $\Delta\phi = 15^\circ$  establecidos para Punilla.

#### 5.3.2. Análisis Estático de la presa Punilla

En la presentación de Basso (2019) se muestra el modelo numérico tridimensional actualizado del embalse, el cual es ejecutado en el software FLAC3D. La Figura 5.7 presenta el modelamiento del embalse el cual contiene 177 mil elementos volumétricos distribuidos en una extensión de 1420 m x 1000 m. Se considera una pendiente aguas arriba 1,5:1,0 (H:V), pendiente aguas abajo promedio de 1,6:1,0 (H:V), ancho de coronamiento de 8,40 m y 570 m de largo, y un espesor de 270 m para la roca de fundación. La fundación de la presa está formada por rocas ígneas de origen volcánico con pocas discontinuidades locales de peque-

ños depósitos de suelo. Sobre la base de las investigaciones del sitio, se obtuvo un módulo de Young relativamente alto ( $E=35$  GPa), el cual se considera representativo al comportamiento mecánico de la roca de fundación.

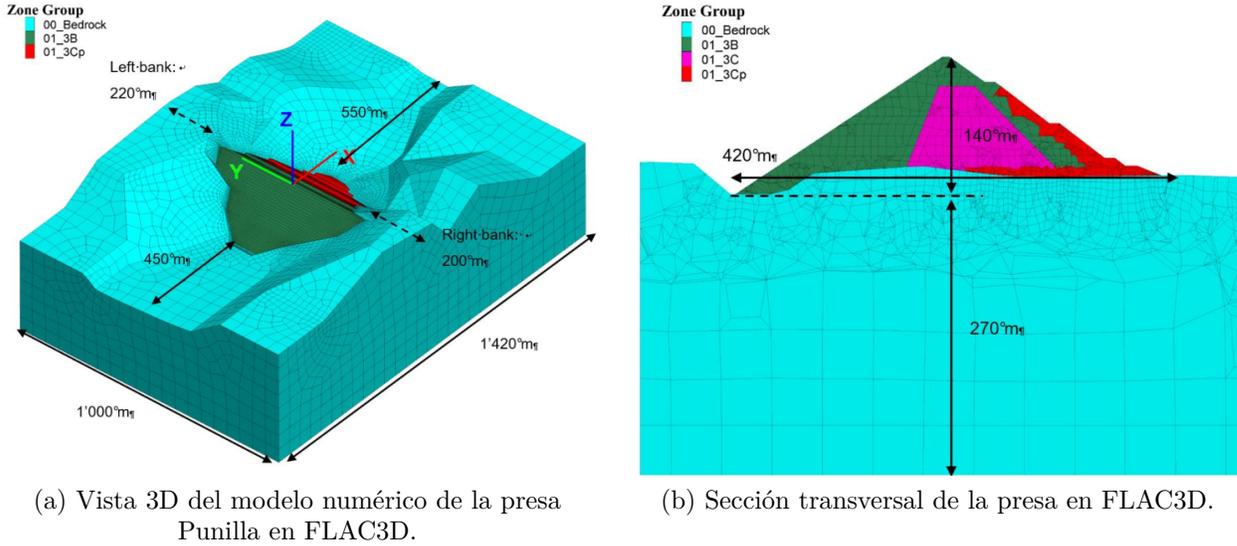
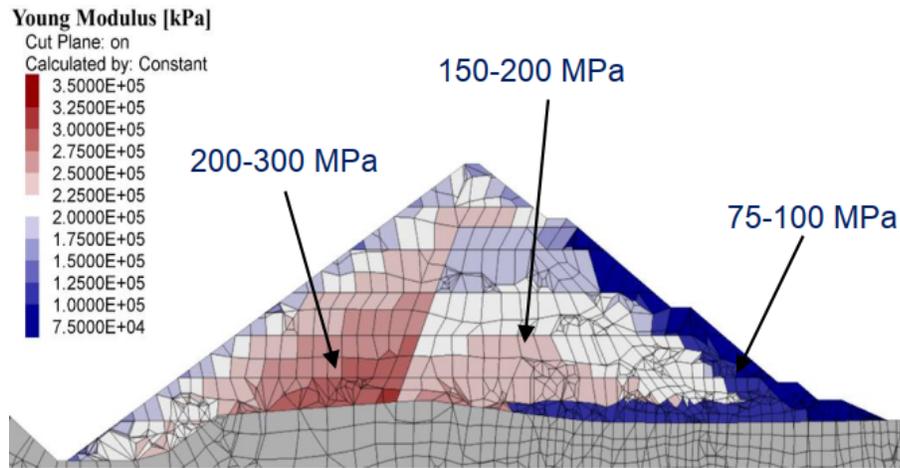
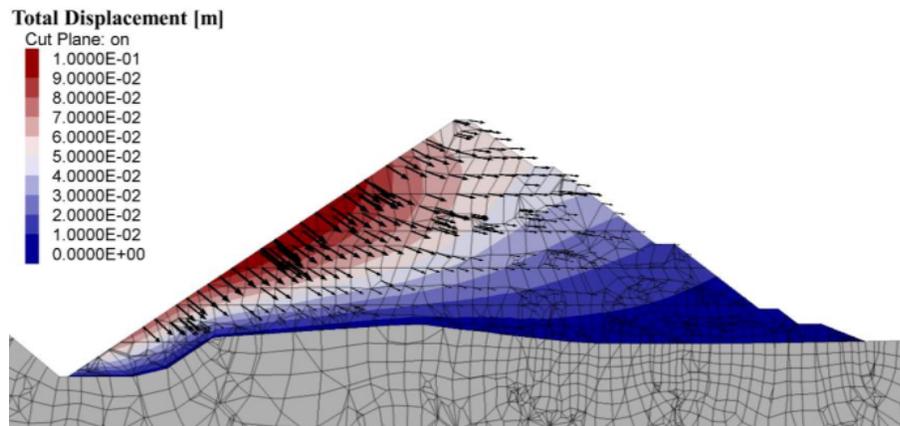


Figura 5.7: Modelo de embalse Punilla en FLAC3D. Fuente: Basso (2019).

La colocación del material que constituye el cuerpo de la presa se ha simulado en siete pasos. Después de cada paso, se volvieron a calcular las propiedades del material. El asentamiento inducido por la progresiva construcción de la presa alcanza un valor máximo de unos 25 cm en el medio de la presa. A su vez, el primer llenado del depósito se simuló en diez pasos. Después de cada paso, se volvieron a calcular las propiedades del material. Los desplazamientos totales de la presa inducidos por el llenado del embalse alcanzan un valor máximo de 10 cm en medio de la cara aguas arriba (Figura 5.8.b). El módulo de elasticidad de los materiales de la presa al final de esta etapa son de 175 a 300 MPa (de coronamiento a base) para el material 3B, de 175 a 250 MPa para el material 3C y 75 a 125 MPa para el material 3C', según se aprecia en la Figura 5.8.a. El ángulo de fricción al final de esta etapa es de  $60^\circ$  a  $38^\circ$  (desde la cresta hasta la base), con la cara aguas arriba caracterizada por un valor más bajo del ángulo de fricción debido al mayor confinamiento que ejerce la presión del agua en la otra cara (Catalano et al., 2018).



(a) Módulos de deformación al final de construcción.



(b) Deformaciones luego del llenado del embalse.

Figura 5.8: Resultados de Análisis Estático en FLAC3D. Fuente: Basso (2019).

Se concluye en el estudio que los resultados estáticos atienden las exigencias de los factores de seguridad requeridos para los taludes en las condiciones de embalse vacío y lleno hasta el nivel máximo de operación.

### 5.3.3. Análisis Dinámico de la presa Punilla

Existe una publicación asociada a la presentación del Ingeniero Basso mencionada anteriormente, la cual se titula “Analysis of tensile stresses arising in the concrete slab of CFRD in seismic areas” cuyos autores son E. Catalano, R. Stucchi, R. Crapp y R. Basso (Lombardi Engineering Ltd). En esta se presenta el análisis dinámico de la presa Punilla para condiciones sísmicas severas.

Los análisis de estabilidad en condiciones dinámicas se llevaron a cabo mediante un cálculo de historia-tiempo considerando 2 acelerogramas reales registrados en América del Sur y escalados a un MCE (terremoto creíble máximo con un período de retorno de 4.750 años, PGA = 0,51 g, duración 110 segundos, intensidad Arias 12 m/s) y a un OBE (Terremoto de base operacional con un período de retorno de 475 años, PGA = 0.344 g, duración 110 segundos, Arias intensidad 5,5 m/s). El movimiento se aplica al modelo tanto en dirección horizontal

como vertical. El espectro de aceleración y el tiempo-historia para los dos acelerogramas se representan en la Figura 5.9.

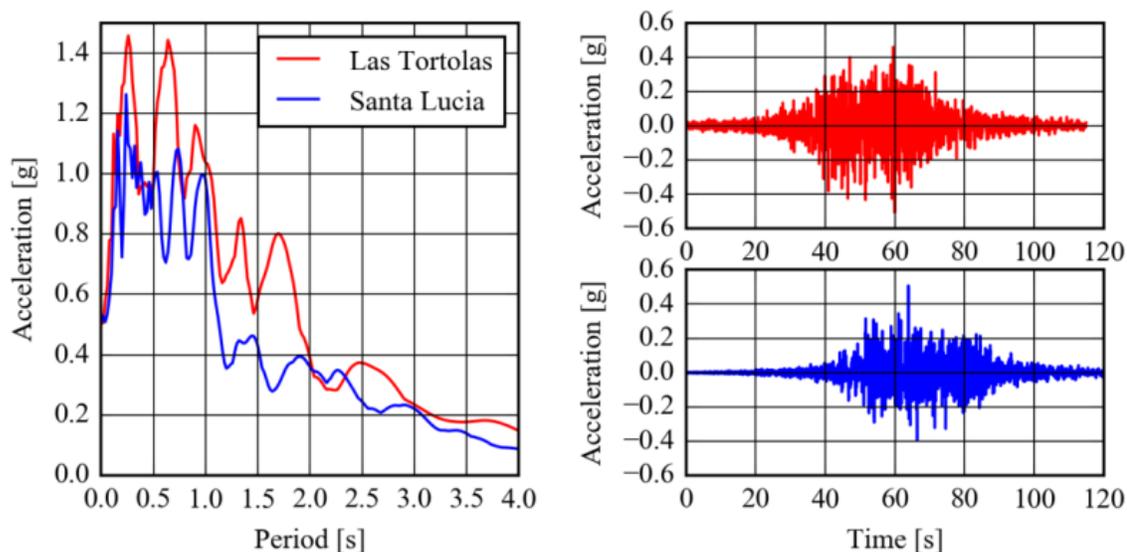
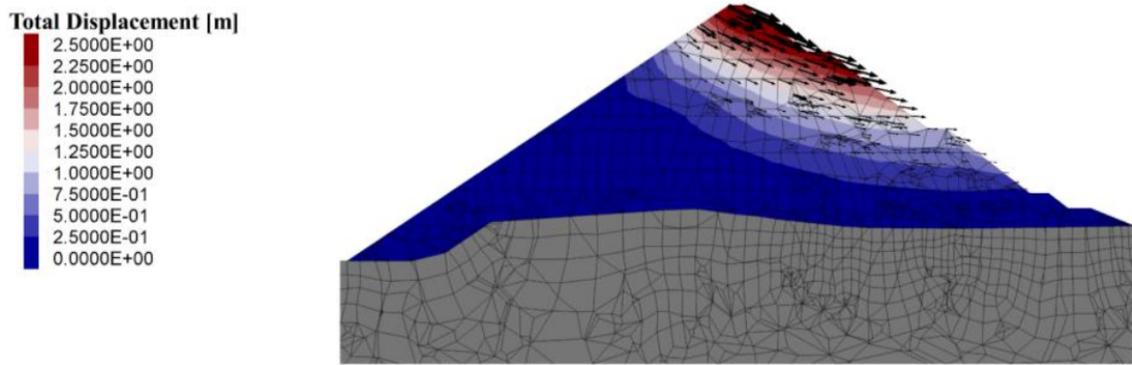


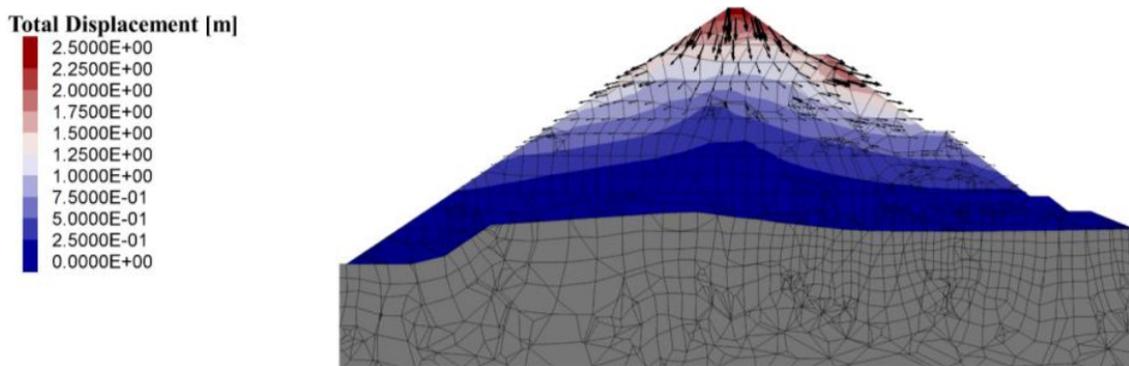
Figura 5.9: Espectros de aceleración (izquierda) y tiempo-historia (derecha) de los dos acelerogramas utilizados en el análisis (MCE nivel).

Fuente: Catalano et al. (2018).

La Figura 5.10.a muestra el perfil de desplazamiento permanente total al final del análisis dinámico para el MCE del terremoto “Las Tórtolas”. Se asumió que la presa estaba completamente embalsada. Se observa que los desplazamientos permanentes tienen una fuerte componente horizontal hacia aguas abajo. El asentamiento vertical de la cresta fue de aproximadamente 1,2 m (0,9% de la altura de la presa), que fue considerado aceptable para un terremoto MCE y la holgura de 4,4 m de revancha disponible. La Figura 5.10.b muestra el perfil de los desplazamientos permanentes totales para el caso del embalse vacío. Se puede observar como los desplazamientos cerca de la cresta de la presa son esencialmente verticales con un valor máximo de aproximadamente 2,0 m. Esto debido a la ausencia del empuje de agua.



(a) Deformación permanente de la presa para un MCE y embalse lleno.



(b) Deformación permanente de la presa para un MCE y embalse vacío.

Figura 5.10: Resultados de Análisis Dinámico en FLAC3D. Fuente: Catalano et al. (2018).

### 5.3.4. Comportamiento pantalla de hormigón

La publicación mencionada en el acápite anterior tiene como objetivo principal el análisis de las tensiones resistidas por la pantalla de hormigón. Antecedentes como las fracturas horizontales en la cara de concreto de la presa Aquamilpa en México (187m) y las fracturas horizontales y rupturas de las juntas verticales en la presa Campos Novos (202m) y Barra Grande (185m) en Brasil, dan cuenta de la necesidad de incorporar mejoras en el diseño de la pantalla. A esto se le suma la poca experiencia de presas sujetas a sismos severos. Un suceso reciente corresponde a las fracturas en la cara de concreto observadas en la presa Zipingpu debido a un fuerte terremoto. Bajo ese contexto, se usa el modelo dinámico de la presa Punilla para estudiar las tensiones a la cual está sujeta la cara de concreto frente a un sismo severo. La Figura 5.11 muestra el perfil de la tensión calculada en la losa, a lo largo de la dirección del talud. Se observa que surgen tensiones hasta 35 MPa, las cuales producirían graves grietas y fugas de agua (Catalano et al., 2018).

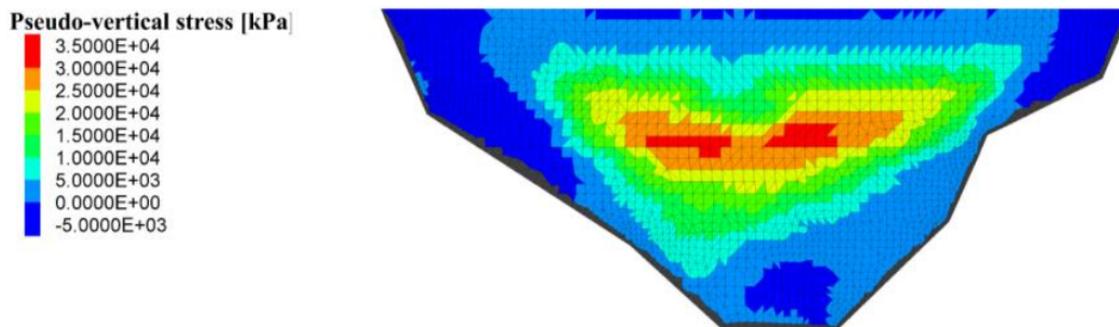


Figura 5.11: Tensión en la losa para un terremoto MCE y un embalse lleno. Fuente: Catalano et al. (2018).

Se realizaron análisis adicionales con el fin de evaluar la influencia de varios aspectos en el comportamiento de la presa en términos de esfuerzos de tracción sobre la losa de hormigón. Los resultados que se obtuvieron se muestran en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4: Casos estudiados. Fuente: Catalano et al. (2018).

Caso	Desplazamiento horizontal [m]	Desplazamiento vertical [m]	Tracción en concreto [MPa]
MCE (Embalse lleno)	2,5	-1,2	34
MCE (Embalse vacío)	-	-2,0	-3
PGA=0.25g (Embalse lleno)	1,1	-0,5	24
MCE (Embalse lleno) Rigidez de fundación reducida	1,4	-0,5	31

Se puede ver cómo considerando un terremoto con un periodo de retorno de 78 años con un PGA de 0.25g, resulta en menores desplazamientos permanentes, pero la tensión de tracción sigue siendo muy alta (24 MPa). Se observan resultados similares asumiendo una rigidez reducida para el lecho rocoso (4 GPa), reduciendo así el contraste entre la presa y la roca de fundación; los desplazamientos permanentes son considerablemente menores, pero esto no tiene ningún efecto significativo sobre las tensiones de tracción (31 MPa). Por el contrario, para el terremoto de MCE con reservorio vacío, la cara de concreto está totalmente comprimida a pesar del alto valor del desplazamiento permanente.

El desplazamiento horizontal juega un papel limitado en el valor de la tensión de tracción en la cara de hormigón. Este aspecto se destaca en la Figura 5.12 donde se grafica el esfuerzo de tracción en el paramento de hormigón en función del desplazamiento horizontal permanente. Una pequeña cantidad de desplazamiento horizontal, del orden de unos pocos decímetros, es suficiente para generar tensiones de tracción que superan la capacidad de tracción del paramento de hormigón (Catalano et al., 2018).

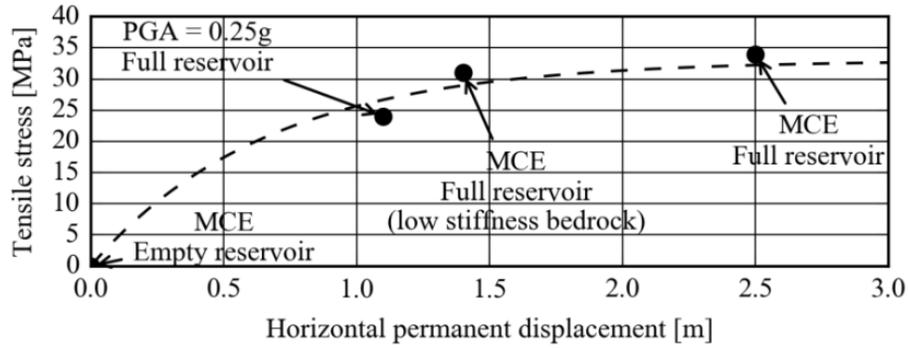


Figura 5.12: Tensiones de tracción en función de los desplazamientos horizontales para los casos analizados. Fuente: Catalano et al. (2018).

Para analizar este comportamiento, se considera una ecuación teórica que surge del siguiente esquema:

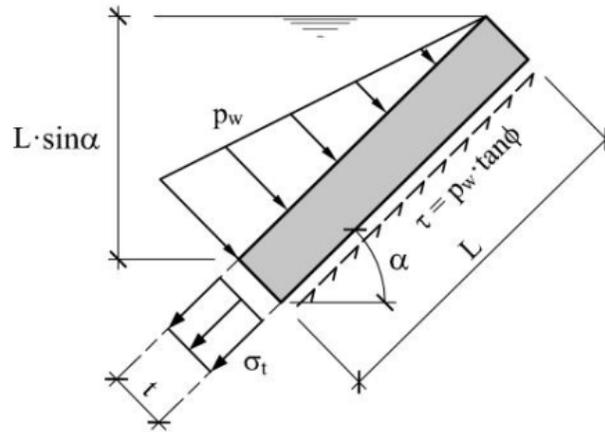


Figura 5.13: Esquema de esfuerzos en losa de hormigón. Fuente: Catalano et al. (2018).

$$\sigma_t = 0,5 \cdot \gamma_w \cdot L^2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \tan(\phi) / t$$

Donde:

$\gamma_w$ =Peso unitario del agua.

$\alpha$ = Pendiente de la losa.

$\tan(\phi)$ =Coeficiente de fricción entre losa y presa.

Se evalúa la ecuación para un  $L=85$  m y  $t=0.4$  m (Tensión máxima de losa), y se obtiene una tensión de 36 MPa, valor muy cercano a los 35 MPa entregado por el modelo. Se evalúan los casos estudiados y se obtienen las siguientes conclusiones:

- El límite de fricción se puede alcanzar con desplazamientos muy pequeños. Esto se observa en la Figura 5.12 y justifica la ausencia de este parámetro en la ecuación anterior.
- Cuanto mayor sea el desplazamiento permanente, mayor será el mecanismo de falla y por lo tanto, el parámetro L en la ecuación.

- El nivel del agua tiene un impacto decisivo en el estado de tensión de la losa de hormigón. En la condición de depósito lleno, surgen tensiones de tracción altas en la losa, mientras que un nivel de agua más bajo puede provocar tensiones de compresión. Esto es compatible con el comportamiento observado en la presa Zipingpu, que sufrió falla por compresión de la losa frontal durante un fuerte terremoto con el depósito lleno a  $2/3$  de su capacidad máxima.
- La alta tracción en la cara puede desarrollarse también con un desplazamiento permanente relativamente bajo, por lo que posiblemente sean susceptibles a daños las presas CFRD ubicadas en área de baja sismicidad.

Finalmente, se concluye que el análisis realizado muestra que los desplazamientos de la parte superior de la presa, en condiciones de embalse lleno, producen un vector componente que induce un esfuerzo de tracción en la cara del concreto debido a la fricción entre el macizo de la presa y la losa. Como consecuencia, se abren grietas en el concreto y los caudales de infiltración podrían superar los límites aceptables. Es necesario incrementar la cantidad de armadura de la losa, minimizar la fricción entre la losa y el relleno, y proporcionar juntas de dilatación horizontales para limitar el agrietamiento y las fugas de agua. Hasta la fecha, no existe un enfoque común para el diseño de las losas de CFRD en regiones altamente sísmicas y muchos aspectos aún están por ser estudiados (Catalano et al., 2018).

## 5.4. Comentarios Finales sobre Estándar de Diseño

Revisados los antecedentes dispuestos en las secciones anteriores, surgen varias observaciones respecto al estándar de diseño del proyecto y el actual estado del arte de las presas CFRD.

En primer lugar, se puede comentar que la revisión de expertos resulta crucial para afinar aquellos detalles técnicos y aportar a la consolidación del diseño de Ingeniería de Detalles. Se destaca también, que esto sea requisito en las BALI, donde se menciona que “La Sociedad Concesionaria deberá contratar, a su cargo y costo, como mínimo, a un Ingeniero Experto Internacional en Grandes Presas, con al menos 20 años de experiencia en diseño y construcción de grandes presas y que haya participado en la asesoría de la construcción de al menos 15 embalses del tipo CFRD”.

Respecto a los criterios de grandes presas utilizados en la experiencia reciente, la disposición de rellenos y la armadura dispuesta en la losa de hormigón son las modificaciones más importantes que han ocurrido en los últimos diseños de presas CFRD. La presentación de Basso (2019), da cuenta de la actualización de la zonificación empleada en el proyecto Punilla, aunque se detecta que esta no contempla en su totalidad la nueva zonificación sísmica propuesta por Materón et al. (2015), ya que, en el enrocado de aguas arriba existe un tramo con relleno 3C, lo cual no es recomendado por expertos internacionales debido a las diferencias en los asentamientos presentes en los distintos rellenos, lo que compromete el correcto desempeño de la losa. Aunque cabe destacar, que esta zonificación fue utilizada en la presa Chaglla (211 m, Perú) obteniendo buenos resultados (Figura 5.14).

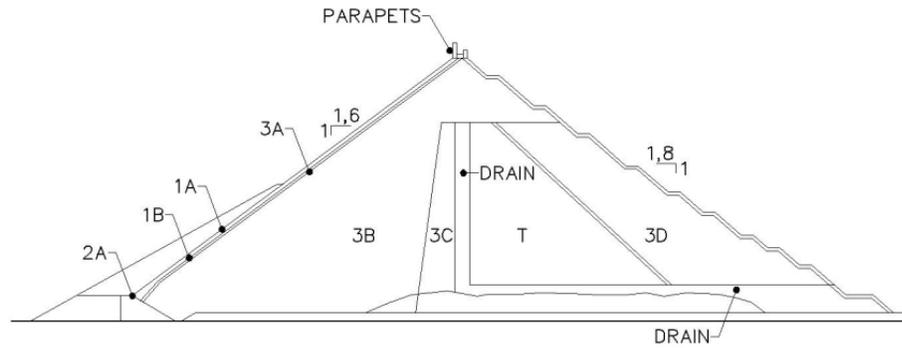


Figura 5.14: Sección transversal presa Chaglla. Fuente: Materón et al. (2015).

La otra variable crítica en el diseño del proyecto Punilla es la armadura de la losa. El análisis de estabilidad dinámica efectuado por Lombardi (sección 5.3.3) da cuenta de eventuales fracturas en la losa de hormigón y posibles filtraciones asociadas a un sismo de gran magnitud, por lo que, no hay una seguridad relevante y se debe sofisticar el análisis sísmico del sistema de enrocado y pantalla de hormigón. En dicho estudio, se recomienda aumentar la armadura de la losa y proporcionar juntas de dilatación horizontales, aunque respecto a esta última, no existe experiencia consolidada y, hasta el 2018, no se han presentado sismos fuertes con embalse lleno ni se han utilizado juntas horizontales de tracción para controlar la ruptura de la losa (Guevara, 2018). Recientemente, la Universidad Tecnológica de Dalian propuso como medida para la liberación de tensiones dinámicas de la losa frontal durante un terremoto, la colocación de juntas horizontales permanentes locales que se muestran en la Figura 5.15. Una región razonable y efectiva para la colocación de juntas horizontales fue determinada a través de un análisis de respuesta dinámica a la tensión de la losa frontal. El área sugerida es  $0.75H - 0.85H$  (donde  $H$  es la altura máxima de la presa) en elevación, con una extensión permitida de  $0.05H$  y una longitud horizontal de  $0.3L$  (donde  $L$  es la longitud del eje de la presa). Además, se sugiere que se utilice hormigón con fibra de acero añadida en zonas de alta tensión dinámica de la losa frontal para mejorar su capacidad de resistencia al agrietamiento durante un terremoto (Ma y Chi, 2016).

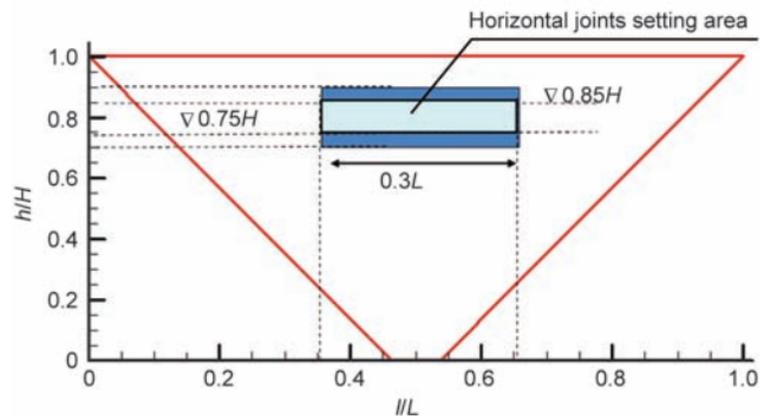


Figura 5.15: Diagrama de ubicación de juntas horizontales. Fuente: Ma y Chi (2016).

En cuanto al aumento de armadura, existe el antecedente del diseño de la presa Dudhkoshi (265 m, Nepal), que incorpora el estado del arte al año 2020 del diseño de la losa de hormigón en presas CFRD. Esta presa está diseñada con un refuerzo de doble malla en ambas direcciones con cuantía de acero de 0,4 % en todas las losas, aumentando a 0,5 % la cuantía en la junta perimetral hasta una altura de 40 m desde el plinto. Además, en las losas centrales, en un área cercana entre 1/3 a 2/3 de la altura de la presa, se proporcionan estribos adicionales para evitar el pandeo del refuerzo superior e inferior bajo alta compresión (Alvarado, 2020). Por otra parte, Alvarado (2020) menciona que “las condiciones generales de Dudhkoshi CFRD son similares a las experiencias recientes en áreas sísmicas altas como Chaglla CFRD de 211 m de altura en Perú (2015), Palo Redondo CFRD de 97 m de altura en Perú (2016), **Punilla en Chile (en curso)** y Mazar de 166 m en Ecuador (2010), y otras presas como Nam Ngum 2 CFRD de 182 m en Laos (2010), Sogamoso CFRD de 190 m en Colombia (2015) y Karanhjukar CFRD de 198 m en Island (2007), Ilisu CFRD de 130 m en Turquía (2017) y Ura e Fanit Fangut en Albania (2017), se espera que ocurra el agrietamiento por compresión en la losa de hormigón”. Por lo tanto, se recomienda aumentar la disposición del refuerzo adoptada por EDIC, considerar armaduras anti-spalling por cada borde de pantalla entre las juntas verticales y perimetrales y, disponer de juntas horizontales para evitar la fractura de la losa y la posible ocurrencia de filtraciones.

Finalmente, revisado el estado del arte de las presas CFRD, existen ciertos aspectos propensos a mejora en cuanto a la experiencia observada en la construcción:

- Existe una necesidad de avanzar en la teoría del análisis numérico y el método de deformación de la presa. El relleno de rocas es un material granular y tiene propiedades mecánicas complicadas. Los modelos constitutivos usados en la actualidad no permiten describir de manera completa y precisa los comportamientos mecánicos del enrocado.
- Existen diferencias significativas entre los parámetros del material obtenido en el laboratorio y el verdadero material de enrocado utilizado en la presa. Esto debido al tamaño y capacidad de carga limitado del equipo de prueba.
- Las eventuales fracturas en la losa de hormigón y las posibles filtraciones asociadas, dan cuenta de que no hay una seguridad relevante y que se debe sofisticar el análisis sísmico del sistema de enrocado y la pantalla de hormigón. Hasta la fecha, no existe un enfoque común para el diseño de las losas de CFRD en regiones altamente sísmicas.
- Dada la poca experiencia de presas CFRD sometidas a grandes sismos, se mantienen muchos aspectos por ser estudiados.

# Capítulo 6

## Gestión Contractual

En este capítulo se presentan aspectos contractuales del proyecto y el análisis de un hito que marca el deterioro en las relaciones entre la Sociedad Concesionaria (SC) y el MOP y resulta ser la causa de que el proyecto haya interrumpido su ejecución y derivara en la extinción de contrato entre las partes.

### 6.1. Antecedentes sobre Licitación y Adjudicación del Proyecto

Las Bases de Licitación del proyecto (BALI) son aprobadas por Resolución DGOP N°238 el año 2014 y el llamado a licitación se efectúa mediante publicación en el Diario oficial del 30 de Marzo de 2015. La adjudicación del contrato se obtiene por medio del decreto N°152 de 2016 del MOP, publicado en el Diario Oficial con del 22 Junio 2016, donde “Astaldi Concessioni S.R.L. Agencia en Chile” constituye en tiempo y forma como SC Aguas de Punilla S.A.

El objeto del contrato es la ejecución, reparación, conservación y explotación del Embalse La Punilla, que permitirá asegurar el cumplimiento de las obligaciones de riego y generación de energía eléctrica. El contrato se compone de todos los documentos que forman parte de las BALI, en conjunto con las disposiciones de la Ley de Concesiones y su Reglamento, además de La Ley Orgánica del MOP. La Tabla 6.1 muestra otros antecedente sobre este contrato.

Tabla 6.1: Antecedentes de contrato de licitación del embalse Punilla.  
Fuente: BALI (2014).

Referencia	Descripción
Nombre del contrato	Concesión Embalse La Punilla
Unidad técnica	Dirección General de Concesiones
Ubicación	Región del Biobío
Tipo de propuesta	Licitación Pública
Concesionaria	Sociedad Concesionaria Aguas del Punilla S.A.
Decreto de Adjudicación	Decreto N° 152, del 21 de marzo de 2016, del Ministerio de Hacienda.
Tipo de contrato	Contrato de Concesión
Presupuesto oficial estimado de la obra (sin IVA)	9.410.000 U.F.
Inspector fiscal de construcción	Jorge Muñoz Hermosilla
Asesoría a la inspección fiscal	Cruz y Dávila Ingenieros Consultores Ltda.
Fecha de inicio de concesión	22 de junio de 2016
Plazo máximo de la concesión	540 meses

## 6.2. Auditoría de Controlaría a contrato de Embalse La Punilla

Un antecedente que analiza la gestión contractual del proyecto por parte de la Dirección General de Concesiones (DGC), corresponde a la Auditoría efectuada por la Contraloría General de la República en el Informe Final N°616/2018 - *Sobre Auditoría al Contrato de Concesión Embalse La Punilla*. En esta, se fiscaliza el contrato de concesión para el periodo comprendido entre el 22 de junio de 2016 y el 31 de mayo de 2018. Lo anterior, con la finalidad de comprobar que la citada entidad haya efectuado un control eficiente y eficaz de los aspectos más significativos que contempla el desarrollo del contrato, particularmente en lo que dice relación con los plazos y actividades dispuestas para ejecutar esta iniciativa; como asimismo, constatar que el ente auditado se haya coordinado oportunamente con las demás entidades públicas que se vinculan con la materialización de dicha iniciativa, con el fin de garantizar la correcta ejecución de los trabajos. Además, se examina si los antecedentes referenciales dispuestos por la entidad auditada en el proceso de licitación, han permitido definir adecuadamente los trabajos requeridos (Contraloría General de la República, 2019). Cabe destacar que esta auditoría se enmarca en los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) 9 y 11 de la ONU, sobre Industria, Innovación e Infraestructura y, Ciudades y Comunidades Sustentables, respectivamente.

### 6.2.1. Aspectos de Control Interno

A partir de dos auditorías anteriores ejercidas por Contraloría a Contratos de concesión<sup>1</sup>, se advierte a la DGC que “no contaba con un procedimiento interno aprobado por escrito, que contemplara las actividades, controles y plazos, y que detallara de forma integrada, sistematizada y coordinada las intervenciones, y atribuciones que tendrían los responsables, entre otros aspectos, en el proceso de aprobación de los Proyectos de Ingeniería Definitivos (PID), de análisis de las propuestas de mejora de los proyectos referenciales y modificaciones de los contratos de concesión”, requiriéndose en esa instancia la elaboración de dicho documento. Se reconoce el avance en el procedimiento para aprobación de los PID, pero no se aborda aún el análisis de las propuestas de mejora de los proyectos referenciales y modificaciones de los contratos de concesión. Contraloría establece que la DGC deberá subsanar la debilidad de control advertida disponiendo estructura de control interno que deben proporcionar una garantía razonable de que se cumplan los objetivos generales (Contraloría General de la República, 2019).

Otro aspecto de control que surge durante la auditoría corresponde a un instrumento que regule la incorporación de personas al catastro de propietarios, arrendatarios y/o allegados contemplados en el programa de expropiación de la concesión. Esto luego de presentaciones efectuadas ante el MOP por parte de la ciudadanía y la Municipalidad de San Fabián. Respecto a esto, se advierte que “no se encuentra formalizado o contenido en algún otro documento; no establece plazos referenciales para el desarrollo de las actividades contempladas; no se indica la documentación mínima que deberá ser presentada por los solicitantes y revisada por el MOP para fundamentar su posterior pronunciamiento; entre otros aspectos”. Por tanto, se debe subsanar este aspecto estableciendo un procedimiento formalizado para determinar la pertinencia de acoger o rechazar solicitudes de incorporación a catastros que ya han sido confeccionados.

### 6.2.2. Contrato Embalse Punilla

En relación con la materia, los numerales 1.9 y 1.10 de las BALI, definen las etapas de Construcción y Explotación de esta obra, las que deben desarrollarse secuencialmente. En lo que atañe a la primera de ellas, los numerales 1.9.1 y 1.9.2 identifican dos fases: Ingeniería y Construcción.

Durante la auditoría, Contraloría detecta que se han incumplido los plazos dispuestos en las BALI para ejecutar las acciones correspondientes a la Etapa de Construcción que se mencionan en los numerales 1.8.8.3 y 2.7.1.8, referidos a la entrega al concesionario de los terrenos ubicados en la Zona A de la “Lámina de expropiaciones zona de inundación Embalse La Punilla”, y del plazo máximo dispuesto para el traslado y aplicación del PDS a las familias que habitan dicha zona, respectivamente; toda vez que al 3 de abril de 2018, habiéndose cumplido el plazo máximo de 660 días para la entrega de los terrenos y de 650 días para el traslado y aplicación del PDS (ambos lapsos contados desde la fecha de publicación en el diario oficial del decreto supremo de adjudicación) no se había dado cumplimiento a ninguno de ellos (Contraloría General de la República, 2019). Por consiguiente, el Inspector

<sup>1</sup> Informes Finales N°191 y 468, ambos del 2017, “Nuevo Complejo Fronterizo Los Libertadores” y “Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez de Santiago”.

Fiscal (IF) propone al Director General de Concesiones de Obras Públicas el 07 de Septiembre una multa de 350 UTM por el incumplimiento de lo establecido en el artículo 2.7.1 de las BALI.

En la auditoría, el IF remite antecedentes sobre el avance financiero que registra el PDS al 31 de mayo de 2018, los cuales dan cuenta de un monto total de 42.871 UF, es decir, un 14,29% del total. Solo 16 de las 44 medidas contenidas en el PDS registran gastos, aunque solo 4 representan el 94 % de lo efectivamente gastado, estas se enlistan a continuación:

- N°1: Conformación de Oficina de Asistencia Técnica y Profesional (OAT);
- N°6: Transferencia de predios sin costo para los hogares no propietarios;
- N°7: Adquisición y/o construcción de viviendas, según preferencias de relocalización, mediante acceso a bono;
- N°8: Asistencia al levantamiento, traslado e instalación de propietarios y no propietarios afectados por reasentamiento.

Se constata que la OAT se conforma el 26 de Agosto de 2016, con aproximadamente 4 meses de anticipación a su fecha límite, no obstante, de los antecedentes tenidos a la vista, se advirtió que los profesionales que se debían agregar desde el 2<sup>do</sup> al 6<sup>to</sup> año de desarrollo de esta medida, no ingresaron a cumplir sus funciones en la data respectiva. En efecto, estos solo se integraron al equipo de la OAT en diciembre de 2017, debiendo haberse incorporado en agosto de ese mismo año, mes en el cual se cumplía un año del desarrollo de la medida. No obstante, *el IF no sancionó tal inobservancia de la SC*. El IF informó que esto no había sucedido dado que la SC no estaba de acuerdo con los plazos estipulados en el aludido pliego de condiciones y considera que el plazo para computar el primer año de funcionamiento de la OAT se cumplía en el mes de diciembre del 2017. No obstante a lo anterior, el 06 de septiembre de 2018, el IF propuso al director de la DGC la multa correspondiente por infracción a lo establecido en el artículo 2.7.1 de las BALI, por un monto de 420 UTM.

### **6.3. Auditoría de Contraloría a multas aplicadas a Sociedades Concesionarias**

Existe otra auditoría efectuada por Contraloría sintetizada en el Informe Final N°249/2020 - *Sobre Auditoría a las multas propuestas, aplicadas y/o cobradas a las sociedades concesionarias por parte de la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas*, en la cual, se fiscaliza el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2017 y 31 de diciembre de 2018. Lo anterior, con los objetivos de identificar los aspectos que afectan la eficiencia y eficacia con que se ejecuta el respectivo proceso; verificar que la proposición de multas y su posterior aplicación se haya realizado en forma oportuna y de acuerdo a lo establecido en la normativa aplicable; y examinar las acciones desarrolladas por esa entidad para asegurar que el Fisco perciba los recursos que provengan de tal concepto. A su vez, revisar el estado de cobro que presentan las multas aplicadas por la DGC durante los años 2017 y 2018, con la finalidad de corroborar el control efectuado por ese servicio con respecto de ellas; si acaso estas han sido pagadas por las sociedades concesionarias (SC); y si los ingresos percibidos por la DGC se encuentran correctamente contabilizados. (Controlaría General de la Republica, 2020).

Entre los principales resultados de la Auditoría se tiene lo siguiente:

- Se advirtió que la DGC no cuenta con un procedimiento interno, aprobado por escrito, que contemple la documentación necesaria, las actividades, controles y plazos, entre otros aspectos, y que detalle de forma integrada, sistematizada y coordinada las intervenciones y atribuciones que tendrán las unidades o funcionarios responsables, respecto del proceso de proposición, aplicación y cobro de multas a las SC. Por consiguiente, Contraloría da un plazo de 60 días hábiles para disponer del procedimiento aludido.
- Revisados los 85 expedientes que sustentan una muestra de multas propuestas entre los años 2017 y 2018, se verificó que:
  - Los IF no proponen las multas al director de la DGC en cuanto detectan los incumplimientos en que incurren las correspondientes SC, puesto que, en promedio, transcurrieron 155 días corridos (5,1 meses). Por su parte, **el IF del proyecto Punilla demoró 94 días en notificar la única multa propuesta.**
  - La DGC demoró 427 días en promedio, entre la proposición de multa y la dictación del acto administrativo que impone la multa o el oficio de abstención, según sea el caso.
  - El proceso de proposición y aplicación de multas, contado desde que el IF detecta el incumplimiento y la dictación del referido acto administrativo que la afina, puede desarrollarse en periodos del orden de los 582 días corridos, lo que supera los 19 meses. Por su parte, **el IF del proyecto Punilla demoró 545 días en resolver la única multa propuesta.**
  - Los IF no realizan en la misma oportunidad la notificación de infracción a la SC y la propuesta de multa al director de la DGC, tardando en promedio 43 días corridos en proponer la multa luego de informar a la SC. Por su parte, **el IF del proyecto Punilla demoró 1 día en notificar la única multa propuesta.**

Por consiguiente, Contraloría da un plazo de 30 días hábiles para que la DGC arbitre las medidas necesarias para que los IF propongan oportunamente la aplicación de multas al detectar incumplimientos al contrato de concesión; y que las unidades que intervienen en los procesos siguientes de análisis y resolución de las multas, desarrollen estos diligentemente junto a la notificación de lo determinado en cada caso.

- Se evidenció que la DGC no contaba con un instrumento consolidado que diera cuenta de la totalidad de las multas propuestas por los IF a las SC en los contratos de concesión. Asimismo, se advirtió la falta de seguimiento y control general del proceso, desde la detección de la infracción por parte del IF, y luego la proposición, aplicación y cobro de las multas. Por consiguiente, Contraloría da un plazo de 60 días hábiles para que la DGC asegure la ejecución de medidas de seguimiento y control respecto de los procesos de proposición, análisis, aplicación y cobro de las multas.
- Se advirtió que la DGC no remite a la Dirección de Contabilidad y Finanzas (DCyF) de esa cartera ministerial, los documentos valorados mediante los cuales las SC pagan las multas aplicadas apenas éstos son recibidos, tardando 31 días corridos en promedio. Esto incumple lo consignado en la resolución N° 2720 de 2018, de la DGOP. Por su parte, **el IF del proyecto Punilla demoró 27 días en ingresar al DCyF el recibo del vale**

**vista.** Por consiguiente, Contraloría da un plazo de 60 días hábiles para que la DGC incluya en su procedimiento interno la precisión de que los vales vista sean enviados a custodia del Subdepartamento de Tesorería dependiente del DCyF tan pronto sean recibidos.

### **6.3.1. Concesión Embalse Punilla**

En cuanto al proyecto Punilla, existen 2 infracciones notificadas a la SC que no fueron propuestas al director de la DGC, estas corresponden a:

- Celebrar un subcontrato con una empresa que no se encuentra inscrita, en primera categoría o superior del registro de Consultores y Contratistas del MOP.
- No dar cumplimiento a la instrucción referida a la extracción de testigos, para determinar la resistencia a la compresión del hormigón no muestreado en su estado fresco.

En ambas infracciones, Contraloría señala que el IF no debió resolver la aplicación o no de una multa cuando ello corresponde al director del servicio, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 48 del Reglamento de la Ley de Concesiones de Obras Públicas.

En su contestación, la DGC informa que elaborará un documento formal con objeto de precaver que las situaciones anteriores no se repitan, en donde el IF incorporará una minuta de respuesta con los motivos que indiquen porqué no se debe cursar la multa.

## **6.4. Discrepancia por efectos derivados de la menor capacidad de almacenamiento del Embalse Punilla**

El 20 de Junio de 2019, la Sociedad Concesionaria Aguas de Punilla (SCAP) ingresó ante el Panel Técnico de Concesiones (PTC) un escrito mediante el cual “Somete discrepancia través del Panel Técnico y solicita Recomendación”. Se creó el expediente respectivo, al que se asignó el Rol D06-2019-19. La solicitud tiene su origen en la menor capacidad de almacenamiento del Embalse respecto de los antecedentes del Contrato de Concesión, del orden del 10 %, constatada luego de la adjudicación de la obra y a propósito del levantamiento topográfico de la zona de inundación. Sobre el particular, la SC alega que dicho error de definición, equivalente a  $61,1 \text{ hm}^3$  de menor capacidad (Ej. Embalse Las Palmas,  $55 \text{ hm}^3$ ), representa importantes efectos en el cumplimiento de sus obligaciones contractuales, generando además efectos económicos adversos en el Servicio Complementario de Producción de Energía Hidroeléctrica, el cual es de relevancia pues permitió que el proyecto fuera viable y lo tuviera en consideración al momento de presentar su oferta.

Por su parte, el MOP sostiene que la obra concesionada consiste en la construcción y explotación de un embalse para riego, cuya capacidad indicada en las BALI y demás antecedentes contractuales, de  $625 \text{ hm}^3$ , no es un hecho preexistente ni una garantía, sino que constituye el alcance de la obligación de la SC, debiendo agotar sus esfuerzos para conseguirla. Añade que no existirían perjuicios porque no se ve afectado el servicio básico de riego, y la supuesta afectación del servicio complementario, es incierta y especulativa (Panel Técnico de Concesiones, 2019).

El PTC efectúa un análisis de la discrepancia bajo el marco normativo aplicable, sobre la “Determinación de procedencia de una modificación a la Regla de Operación y eventuales compensaciones asociadas a la constatación de la menor capacidad de almacenamiento de agua en el proyecto de Embalse La Punilla”, que se circunscribe a las siguientes materias:

1. Eventual afectación de los servicios básicos y servicios especiales obligatorios, como consecuencia de la menor capacidad geométrica de la cubeta del Embalse.

La Regla de Operación es un conjunto de especificaciones para definir las entregas de agua. Se encuentra definida en el Artículo 2.4.3.5.1 de las BALI y en el Convenio “Operación Embalse La Punilla”, entre la DOH y la Junta de Vigilancia del Río Ñuble (JVRÑ) (2014). Esta establece el procedimiento para determinar el volumen a entregar durante la Temporada de Riego para el Servicio Básico de Entrega Regulada. En el punto 2.3 de dicho artículo, se indica la prelación en que se llenarán los caudales lo cual se resume en la Figura 6.1.



Figura 6.1: División geométrica de la capacidad de la cubeta. Fuente: MOP (2019).

Los servicios básicos obligatorios y los servicios especiales obligatorios tienen prioridad (Artículo 1.2.2 N° 87). La SC solicitó de manera oportuna el servicio complementario de generación de energía hidroeléctrica, *a sabiendas que dicho servicio va a estar supe- ditado a la prestación de los servicios básicos y especiales obligatorios*. Dichos servicios se definen a continuación:

- **Servicio Básico de Entrega Regulada de Agua (Art. 2.4.3.2):** Servicio Obligatorio de entrega de agua regulada a usuarios adquirentes de Derechos del Fisco-DOH de la Res. DGA VIII N°489 (600  $hm^3$ ) que se dividen en 4 porciones:
  - Acciones Tipo A: un máximo de 229  $hm^3$  al año disponibles para que los actuales regantes puedan suplir los caudales deficitarios de sus actuales acciones.
  - Acciones Tipo B: 127  $hm^3$  al año, estará disponible para ser transferido a propietarios de inmuebles de la zona de influencia del Embalse, que carezcan de acciones o DAA, para el riego parcial o total de sus predios.

- Volumen de Reserva Fijo (VRFI): 164  $hm^3$  para asegurar las entregas de agua para las acciones Tipo A y Tipo B. De esta forma, la SC sólo podrá hacer uso de este volumen, en parte o en su totalidad para dicho fin, y su ejercicio estará supeditado a que el volumen almacenado al inicio o durante la respectiva Temporada de Riego sea insuficiente para completar las entregas correspondientes a las acciones A y/o B.
  - Volumen de Reserva Flexible (VRFL): 80  $hm^3$  al año, que será de libre disponibilidad de la SC.
- **Servicio Especial Obligatorio de Entrega Regulada de Aguas Permanentes (Art. 2.4.3.3)**: Servicio Obligatorio de almacenar aguas permanentes de actuales regantes que deseen guardar un volumen de sus actuales derechos en un período, para ser entregado de acuerdo a un perfil de entrega acordado con la SC. Queda condicionado a que exista capacidad de almacenamiento en el embalse, a no alterar al Servicio Básico, a no afectar el derecho de terceros y a respetar la Regla de Operación del Embalse.
  - **Servicio Complementario de Entrega Regulada de Aguas (Art. 1.10.9.3 letra c)**: Servicio que puede ofrecer el Concesionario. Consiste en la entrega regulada de aguas a quienes lo requieran, conforme a un perfil de entrega convenido. Para esto el MOP entregará al Concesionario los Derechos otorgados al Fisco en Res. DGA N° 125/2009 y Res. DGA VIII N° 489 que no hayan sido vendidos o pagados por los usuarios de las acciones A y B.
  - **Servicio Complementario de Producción de Energía Hidroeléctrica (Art. 1.10.9.3 letra b)**: Servicio que puede ofrecer el Concesionario y para el cual el MOP le entregará los D.A.A. otorgados al Fisco mediante la Res. DGA N° 113/2009, la Res. DGA N° 125/2009 y la Res. DGA VIII N° 489 que no hayan sido vendidos o pagados por los usuarios de las acciones A y B. Adicionalmente se puede usar los D.A.A. de la Res. DGA VIII N°489 adquiridos por los regantes en las condiciones y términos convenidos entre Concesionario y usuarios.
2. Eventual situación de incumplimiento en que quedaría la SC de seguir la Regla de Operación establecida en el Contrato considerando la capacidad de almacenamiento de agua real informada por la SC y en la cual concuerda el MOP.  
 Esto es descartado por el panel, ya que queda en evidencia que los caudales de servicio básico y especial obligatorio no serán afectados. Aunque, habrán posibles afectaciones al servicio complementario lo cual merma la rentabilidad del negocio y que según la SC, justifica la procedencia de la compensación reclamada.
  3. Eventuales perjuicios por la menor capacidad en relación al Servicio Complementario de Producción de Energía Hidroeléctrica.  
 Esto es objetado por el Panel señalando que no es posible determinar una indemnización por eventuales pérdidas experimentadas por la menor generación alegada por la SC a causa de la menor capacidad del Embalse, debido a los diversos factores que influyen en la operación de una Central Hidroeléctrica durante el transcurso de un Contrato de largo aliento.

A partir de este análisis desarrollado y de los antecedentes presentados al Panel, se concluye y se recomienda:

- *Constituye obligación principal de la SC construir un Embalse de una capacidad de almacenamiento de agua de 625 hm<sup>3</sup>, según lo indican las BALI.* Esto se respalda en el artículo 1.3 de las BALI “El muro considera una altura aproximada de 137 metros, y un volumen de almacenamiento de agua total de 625 millones de m<sup>3</sup>” y se reitera en el artículo 2.1, artículo 2.2.2.2.1 literal a) y los antecedentes referenciales (AR). Respecto a estos últimos, la SC firmó una declaración jurada de responsabilidad, en la cual, liberó al MOP de “toda responsabilidad por eventuales errores, omisiones, contradicciones o ambigüedades que puedan tener los Antecedentes Referenciales...” (declaración 8º), agregando que ha “verificado, conforme a estándares de alta calidad, las condiciones-topográficas...” (declaración 12º). Sumado a esto, las BALI en su artículo 2.2.2.1.1 letra b) señalan que una vez construidas las obras del Embalse y previo al primer llenado “el Concesionario deberá redefinir las curvas del área inundada y actualizar los datos sobre la capacidad del Embalse, no pudiendo ser esta última inferior a la exigida”. En cuanto a la Ley de Concesiones, el artículo 22 N° 2, señala que “las obras se efectuarán a entero riesgo del concesionario, incumbiéndole hacer frente a cuantos desembolsos fueren precisos hasta su total terminación, ya procedan de caso fortuito, fuerza mayor, o de cualquier otra causa”.
- Considerando que existe una inconsistencia entre lo exigido en las BALI, esto es, construir un Embalse con una capacidad de almacenamiento de agua de 625 hm<sup>3</sup> con un muro de 137 metros de altura, y teniendo a la vista los estudios topográficos conocidos, *dicha obligación no es susceptible de ser cumplida.*
- Las obras que deban realizarse para alcanzar la capacidad de 625 hm<sup>3</sup> señalada en las BALI, constituye una obra adicional compensable en conformidad con el artículo 19 de la Ley de Concesiones. Acá el Panel reconoce un error del MOP, debido a que los antecedentes referenciales daban cuenta previo a la licitación de esta menor capacidad.
- En el evento que no sea posible la construcción del Embalse de acuerdo a la capacidad de almacenamiento requerida en las BALI, el Panel insta a las partes a buscar una solución técnica cuya capacidad de embalse haga viable su construcción, desde el punto de vista económico-financiero, social y ambiental.
- En el caso que las partes acuerden modificar el Contrato de Concesión para ejecutar el Embalse con una menor capacidad a la definida en los antecedentes contractuales, deberá considerarse una redefinición de las Reglas de Operación que sea consistente con su nueva capacidad.
- Se rechaza la solicitud de compensación en cualquiera de los escenarios planteados, dado que la SC solo consideró modificar las Reglas de Operación sin considerar que el proyecto exige en sus BALI mantener la capacidad de almacenamiento de agua de 625 hm<sup>3</sup>, que es el objeto del Contrato de Concesión, sin plantear alternativas técnicas que permitan su viabilidad.

## 6.5. Comentarios Finales sobre Gestión Contractual

Revisados los antecedentes dispuestos en las secciones anteriores, surgen varias observaciones respecto a la gestión contractual del proyecto y del actual sistema de concesiones aplicado en el país.

En primer lugar, se aprecia que existe un amplio margen de mejora en la gestión de los proyectos ejecutados bajo la modalidad de concesión. Las auditorías de Contraloría dan cuenta de procesos deficientes que requieren optimizaciones a ser efectuadas por la DGC, para que esta ejerza un control eficaz sobre las SC. Ya pasado el plazo dado por la entidad fiscalizadora, se espera que se hayan realizado las medidas que optimicen, los siguientes procedimientos:

- Procedimiento interno integral para la aprobación de los PID;
- Instrumento que regule la incorporación de personas a los programas de expropiación de las concesiones;
- Procedimiento interno escrito que detalle las intervenciones y atribuciones que tienen las unidades y funcionarios en el proceso de proposición, aplicación y cobro de multas.

Se destaca la gestión adaptativa que surge luego de las auditorías, ya que permite afinar los procedimientos para un cumplimiento cabal de la normativa y los contratos de concesión.

En cuanto a la discrepancia en el Panel Técnico de Concesiones, a partir de lo expuesto en la sección anterior, se concluye que la recomendación del PTC está sujeta al marco normativo aplicable y que la compensación exigida por la SC no se atañe a lo estipulado en el contrato. La SC debía revisar los Antecedentes Referenciales (AR), los cuales permitían dar cuenta de la menor capacidad, y firmó la Declaración Jurada de Responsabilidad, con lo cual se liberó al MOP de cualquier error presente en los AR. Por lo tanto, al existir una inconsistencia entre lo exigido en las BALI y los estudios topográficos conocidos, las obras que deban realizarse para alcanzar dicha capacidad constituyen obras adicionales compensables de conformidad con el artículo 19 de la Ley de Concesiones. Y, sólo en el caso que aquello no fuese factible, y esto fuese debidamente acreditado, corresponde que las partes busquen una solución técnica y acuerden la modificación del contrato de concesión, para ejecutar un embalse de menor capacidad considerando una redefinición de la Regla de Operación que sea consistente con esta nueva capacidad. A pesar de esto, la SC no recoge esta recomendación y dejó de cumplir sus obligaciones contractuales. Frente a lo cual, el MOP decidió presentar ante la Comisión Arbitral la Declaración de Extinción del contrato en Diciembre de 2019. En sesión de fines de mayo del 2020, la Comisión Arbitral resolvió recibir la causa a prueba, pero el proceso es suspendido debido al Régimen Jurídico de Excepción para los procesos judiciales por el Estado de Excepción Constitucional de Catástrofe producto de la enfermedad Covid-19 en Chile. Recién el 28 de julio de 2021, se firma Contrato Transaccional entre el Fisco, el MOP y la SC, ha objeto de poner término al Contrato de Concesión por mutuo acuerdo y, de esta manera, facilitar la relicitación de las obras del Embalse La Punilla.

Por otra parte, considerando que la Asociación Pública Privada (APP) requiere de condiciones estrictas para su correcto desempeño, el PTC ha elaborado propuestas de mejora

en función de las causas de las discrepancias. En el documento “Causas de las discrepancias entre sociedades concesionarias y el Ministerio de Obras Públicas entre años 2015 y 2020” presentado por Fernando Abara, presidente del PTC en Julio del año 2021, se presentan las siguientes propuestas de mejora:

- Institucionales:
  - Reforzamiento del IF y la DGC; *lo que se condice con las auditorías de Contraloría*
  - Definir la APP como Política de Estado;
  - Creación de la Comisión Nacional de Infraestructura;
  - Diferenciar roles del MOP y Contraloría;
  - Fortalecimiento del PTC.
- Organización Administrativa y Gestión:
  - Asignación de la Ingeniería referencial a una sola empresa;
  - Reingeniería de las BALI: eliminar ambigüedades;
  - Precisar procedimientos de coordinación del MOP con otros Ministerios;
  - Acelerar procesos de formulación de acuerdos.
- Diseño Contractual:
  - Veracidad de los antecedentes referenciales; *asunto difícil de remediar, pero que resulta ser la causa principal de la extinción del contrato del Embalse Punilla.*
  - Privilegiar los contratos de plazo variable;
  - Introducir cláusulas de revisión del contrato;
  - Riesgos controlados por la SC los asume ella. Los demás el Estado.

Sin duda, son medidas a considerar, toda vez que emergen desde las causas de las discrepancias entre las SC y el MOP, y dan cuenta de las mejoras necesarias para dar celeridad a los conflictos que ocurren durante el desarrollo de las concesiones, y así dar continuidad a las obras. Es imperativo mantener una supervisión constante y eficaz, que derive en gestiones adaptativas, ya que los contratos involucrados, al tener larga duración y contemplar la etapa de Construcción y Explotación, están sujetos a una alta posibilidad de discrepancia y/o controversias. Estos conflictos deben ser solucionados en forma expedita para evitar que los impactos sociales y sobrecostos asociados, se vean prolongados.

Además, considerando el aporte de las concesiones al desarrollo del país y teniendo en mira la Agenda 2020-2025 que cuenta con gran cantidad de obras de infraestructura pública, el Consejo Político de Infraestructura reafirma que la APP es el camino realista y apropiado para generar rápidamente infraestructura pública de calidad. Para esto, se debe abordar una estrategia de desarrollo explícita y concordada, para avanzar en la generación de producto y su adecuada distribución. Se necesita una discusión supraministerial para proyectar Chile tanto al mediano como largo plazo (Australia y Nueva Zelanda son ejemplos positivos), y con la inclusión de los actuales desafíos del país: compromisos en la baja de emisiones, objetivos de desarrollo sostenible, crisis hídrica, cambio climático, demanda por mayor participación ciudadana, nueva constitución y cambios institucionales, entre otros.

# Capítulo 7

## Planificación de Construcción del proyecto

En este capítulo se aborda el programa y estrategia de trabajo presentada por Astaldi en su oferta técnica en el proceso de licitación para llevar a cabo la construcción del proyecto Punilla. Se detallan los hitos principales y la ruta crítica del programa y se evalúan los escenarios e impactos que tuvieron los hechos mencionados en los capítulos anteriores que detuvieron el proyecto, como la demanda en el 3<sup>er</sup> Tribunal Ambiental y la discrepancia en el Panel Técnico de Concesiones, entre otros. Respecto a la estrategia constructiva, en el Anexo C se analizan los procesos constructivos de las principales obras, correspondientes al muro y losa de hormigón.

### 7.1. Programa de Trabajo de Astaldi

EL programa de trabajo está implementado bajo una estructura de WBS<sup>1</sup> de tercer nivel obteniéndose una secuencia ordenada de todas las actividades principales de construcción, a partir de la notificación oficial de adjudicación del Contrato de Concesión, hasta la disponibilidad del Sistema de Control de Riego y la puesta en marcha de las unidades de generación con una duración total de 6 años (Astaldi, 2015).

El programa asume como hito clave la fecha estimada de aprobación de la RCA correspondiente a la línea de transmisión de alta tensión (LAT), siendo considerada con 2 años de duración y posterior a la adjudicación del Contrato (Acá surge el primer atraso respecto a la línea base programática). Bajo esa condición se dispone la etapa de Ingeniería de Detalle, la cual se presenta en la Figura 7.1.

<sup>1</sup> WBS: documento que descompone el producto resultante del proyecto en paquetes de trabajo individuales, incluyendo aquellos relativos a la propia gestión del proyecto. De esta forma cada nivel muestra los paquetes de trabajo que forman parte del paquete del nivel superior.

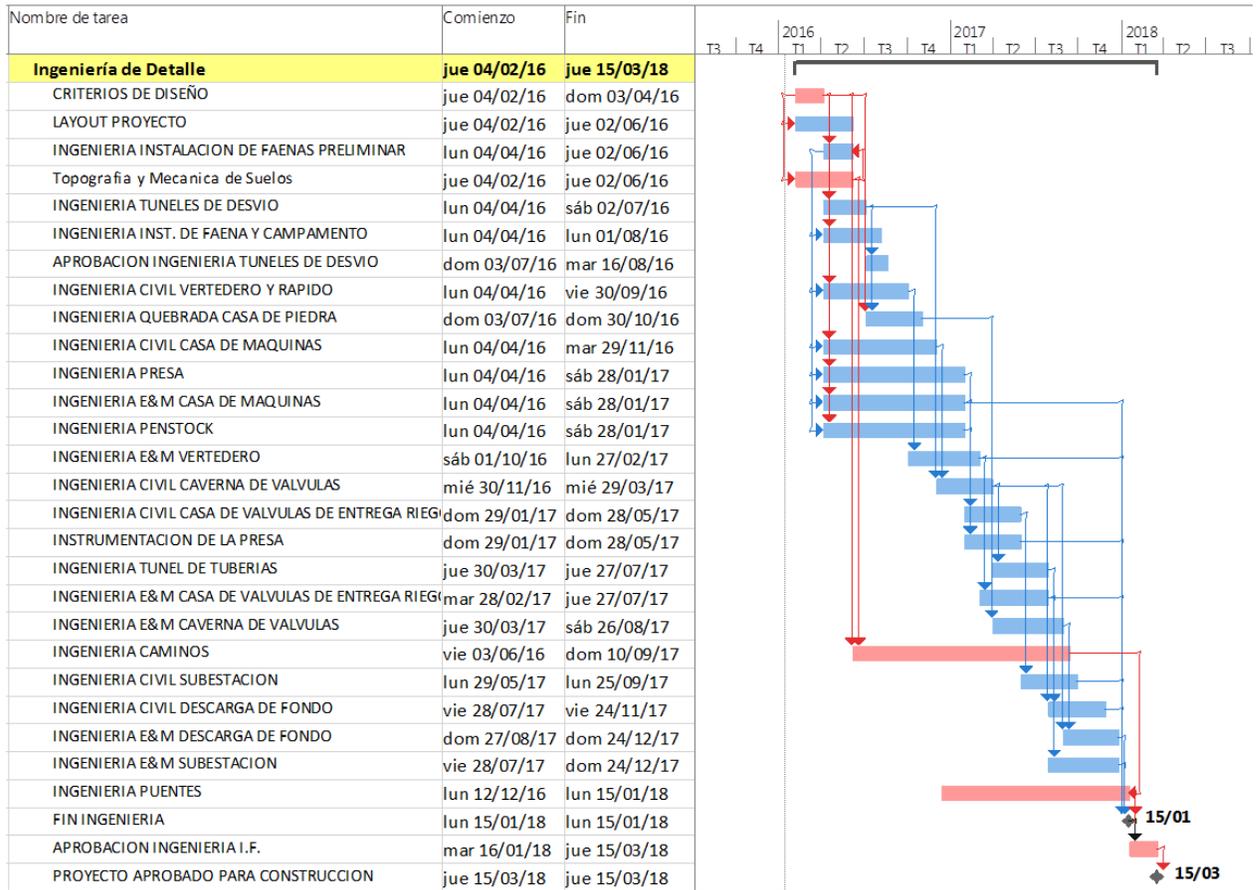


Figura 7.1: Etapa de Ingeniería de detalles. Fuente: Elaboración propia con base en Astaldi (2015).

En el segundo año del proyecto, se comienza la tramitación de los permisos, se disponen obras básicas como caminos de servicio, instalaciones preliminares de faena y campamentos, la ejecución de los portales de entrada y salida de los túneles de desvío, etc., con el fin de adelantar la movilización del grupo de construcción al momento de iniciar la obra principal. El cronograma de actividades resumidos en su obra principal se muestra en la Figura 7.2.

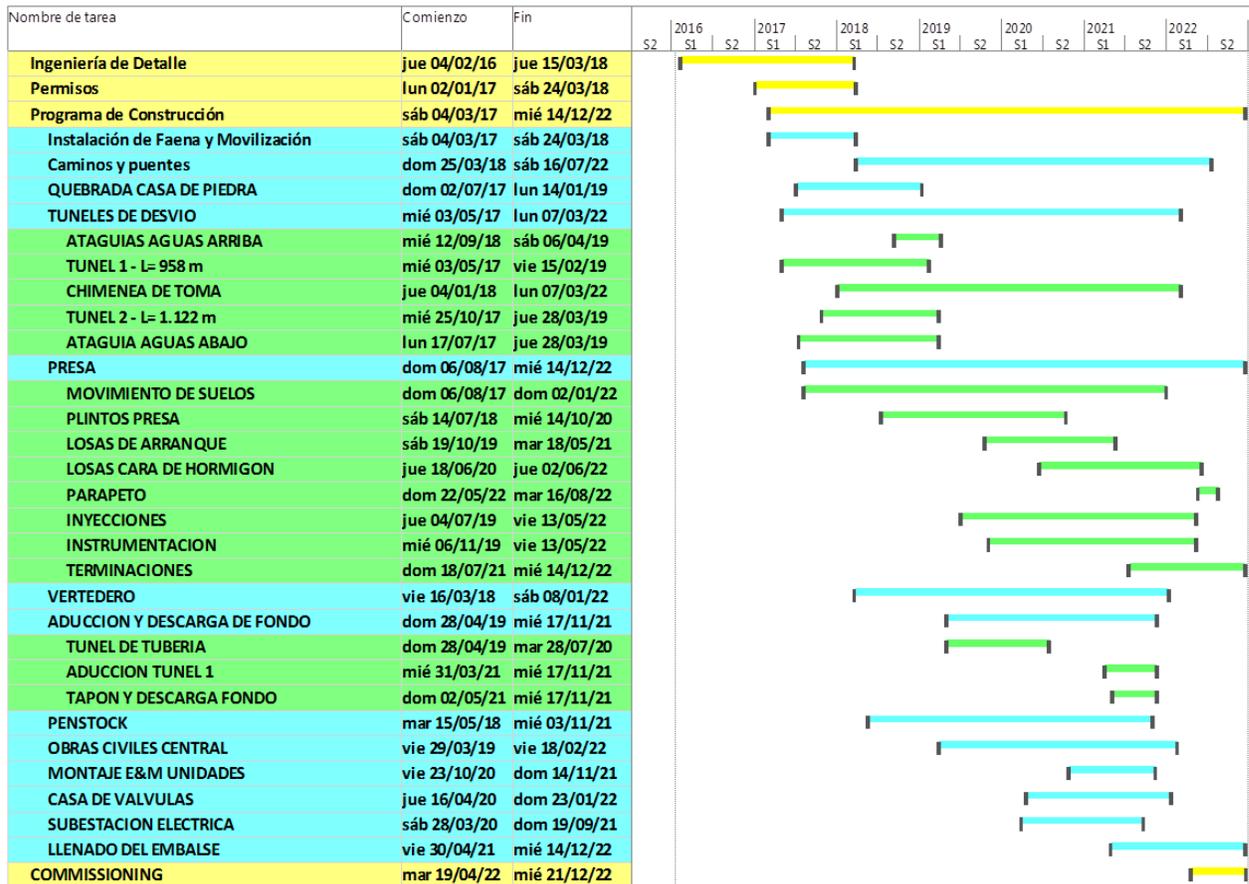


Figura 7.2: Programa general del proyecto Punilla. Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.1. Ruta Crítica

La Ruta Crítica del cronograma de construcción incluye las actividades de desvío por los túneles N°1 y N°2, la construcción de la presa, pantalla de hormigón y el llenado del embalse. Considerando que la ejecución de los túneles, al formar parte de la Ruta Crítica, no admite aplazamientos, se implementan dos frentes de excavación subterránea para cada túnel con el fin de lograr a tiempo el desvío del río Ñuble, en coincidencia con el período de estiaje. Completados los túneles se procede al cierre de las ataguías y desvío del río. Esta operación permite poner en seco el área de la presa y adelantar por consiguiente los rellenos y la construcción de la pantalla de hormigón como siguiente actividad crítica del cronograma de construcción.

La construcción de la pantalla se ha planificado en dos etapas principales: la primera, con el vaciado de las losas de arranque y el revestimiento de la cara de hormigón hasta la junta de construcción a mitad de la cara; y la segunda con el vaciado de las losas superiores que se desarrollan condicionadas al avance de los rellenos de los materiales de filtro y el bordillo extruido sobre el cual se apoya el hormigón de la pantalla. Con la cara de hormigón terminada, se construirá el coronamiento de la presa con el parapeto de hormigón, donde se implanta el camino de cruce del embalse.

Las actividades de construcción del Vertedero, de la Casa de Máquinas y de las Vías Definitivas, a pesar de sus dificultades constructivas, presentan un grado de criticidad menor que las antes referidas. Finalmente, el cierre del túnel de desvío N°2, programado para el final del período de estiaje (30 de abril), marca el hito de inicio del llenado del embalse.

### 7.1.2. Impactos en la Planificación propuesta

Con el uso de la aplicación Microsoft Project se modela el programa presentado por Astaldi y se procede a efectuar los cambios en la planificación a partir de los sucesos ocurridos en el desarrollo del proyecto. El escenario proyectado corresponde a un acuerdo entre la SC y el MOP luego de la recomendación del Panel Técnico de Concesiones (PTC) y que se traduciría en la reactivación de las presentaciones de Ingeniería de Detalle. Bajo este escenario, se estiman los impactos que sufre el programa de trabajo y se analiza la efectividad de la planificación.

La primera modificación al programa consiste en modelar como actividad la aprobación de la RCA N°289/2018 de las Líneas de Alta Tensión (LAT) Punilla-San Fabián, modificando el inicio al 10/10/18, lo que deriva en un atraso de 8 meses a la fecha estimada por Astaldi. Se establece como fecha final el 22/10/19, que corresponde al día en que se levanta la medida cautelar que suspendía la RCA N°018/2010 del Embalse Hidroeléctrico Punilla, luego de los desalojos ocurridos. Con esto, se resume en una actividad la paralización de las obras, dado que en términos programáticos no existe una diferencia entre ambas. Cabe destacar que la discrepancia en el PTC ocurre dentro del plazo de suspensión de la RCA N°018, por lo que es “absorbida” en esta actividad.

Análogamente, el hito de expropiaciones se modela como actividad, cuyo fin se establece para 2 meses luego del levantamiento de la medida cautelar, es decir, en el restablecimiento de la RCA y en el normal desarrollo de la obra. Estos 2 meses se definen a partir de las primeras actividades del puente Bullileo, las cuales ponen fecha límite al término de las expropiaciones de los tramos B y C para caminos. Por otra parte, se descartan nuevos atrasos en las expropiaciones de la zona A (desalojos), dado el veredicto favorable al MOP y la SC por parte del Tribunal Ambiental.

Respecto a la Etapa de Ingeniería, la última entrega por parte de la SC de los proyectos de Ingeniería de detalles fue el 19 de Abril de 2019, siendo esta y todas las entregas anteriores rechazadas y observadas por parte del Inspector Fiscal. Debido a la urgencia y al avance parcial de entregas de Ingeniería (3 presentaciones), se estima un plazo de 5 meses para la presentación de la Ingeniería de Detalles con las observaciones dispuestas por el Inspector Fiscal, y se mantienen los 2 meses para la aprobación final del proyecto dispuestos en el programa inicial. Para cuantificar esto, se crean 3 actividades:

- Última Presentación de Ingeniería de Astaldi (Hito): 17/04/19.
- Discrepancia Panel Técnico de Concesiones: 20/06/19 → 18/08/19 (2 meses).
- Término del diseño de Detalles: 19/08/19 → 15/01/20 (5 meses).

Por consiguiente, el hito “Aprobación del proyecto para la construcción” queda fijado para el 02 de Enero de 2020. Cabe destacar que los 5 meses definidos para el desarrollo de la

Ingeniería de detalles fue para dar el mayor plazo posible en este proceso sin comprometer el desvío del río programado para la última semana de marzo, que resulta ser el hito crítico para el normal desarrollo de las obras en el periodo de estiaje, ya que minimiza los riesgos de desbordamiento en crecidas.

Otras modificaciones agregadas al programa de trabajo de Astaldi corresponde a la dependencia de las actividades de construcción al fin de instalaciones de faena y movilización, esto para obtener plazos correlacionados al impacto del atraso en la entregas de Ingeniería de Diseño. Luego, se chequea que la cronología de las obras esté correcta, por lo que se deben modificar ciertos vínculos en tareas que no permitían la estimación de los impactos debido a una mala definición respecto a la precedencia. Se modifica un total de 12 tareas, las cuales fueron postergadas a partir de la relación de fechas dispuestas según la programación de Astaldi. Con esto se obtiene un programa que estima de manera realista los impactos en el desarrollo de la obra y que considera aquellos hitos que tienen una fecha establecida como el manejo del río y el llenado del embalse, y todas sus actividades relacionadas. En el Anexo D se presenta el programa modificado con los impactos en la planificación propuesta por Astaldi.

## Resultados

Los resultados obtenidos dan cuenta de serios impactos en el desarrollo de las obras. En primer lugar, se observa que el atraso total del proyecto, que tiene como hito último el “Fin Obras Civiles - Habilitación Camino sobre la Presa” resulta ser de aproximadamente 2 años, pasando del 29/12/22 al 04/11/24. Este resultado parece ser una postergación bienal de las actividades pero obedece a una reprogramación cuantificada y estratégica según los sucesos ocurridos. La comparación entre la línea base (programación de Astaldi) y el programa obtenido entrega variaciones dispersas en las actividades dado que cada una posee distinta criticidad. En términos concretos, el atraso en la aprobación de la RCA N°018/2010 de la Línea de Transmisión asociada al proyecto, sumado a la suspensión de la RCA N°289/2018 del Proyecto Punilla conlleva a un atraso de 587 días. La discrepancia evaluada en el Panel Técnico de Concesiones ocurre mientras la RCA se encontraba suspendida por lo que no refleja un atraso vinculante en el desarrollo de las obras. Es así como, la aprobación del proyecto para su construcción se ve retrasada 730 días (jue 15/03/18 al sáb 14/03/20). La Figura 7.3 muestra la variación del final de los procesos principales.

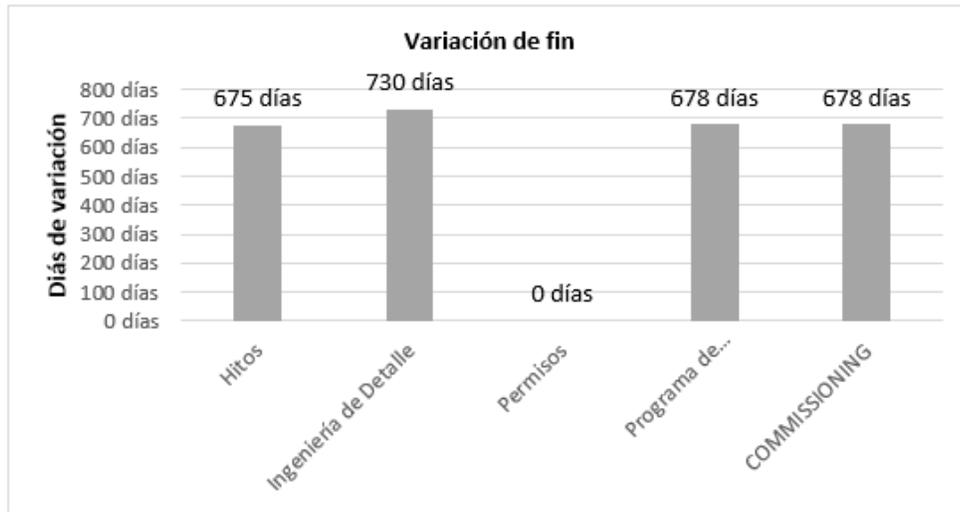


Figura 7.3: Variaciones de fin de proceso. Fuente: Elaboración propia con base en Astaldi (2015).

Se aprecia que la Ingeniería de Detalles es el proceso que sufre mayor repercusión y es porque básicamente se vio interrumpido, no por la suspensión de la RCA pero si por la discrepancia en el PTC. La programación propuesta da cuenta de que los procesos de “Programas de Construcción” y “Commissioning” son capaces de absorber un tiempo de 55 días y tener como atraso total la cifra de 675 días al igual que el fin del proyecto.

Cabe destacar que la estimación de impactos se hizo a partir de hipótesis y con incertidumbre respecto al real desarrollo de las actividades. El programa de trabajo dispuesto por Astaldi a pesar de tener validez contractual al ser parte de la oferta técnica del proceso de licitación, cuenta con carencias que dan cuenta de una planificación sin el nivel de detalle adecuado, debido a que la misma debía ser actualizada durante el desarrollo del proceso de Ingeniería de Detalle. Dicha actualización debió haber estado programado en la oferta técnica.

Finalmente, analizado el hipotético caso en que la SC y el MOP llegan a un acuerdo y se continúa el proyecto, existen novedades respecto a la resolución de la presentación ante la Comisión Arbitral de la Declaración de Extinción del Contrato de Concesión. Con fecha el 28/07/21 se firma por mutuo acuerdo entre el MOP, el Fisco y la SC el término de contrato. Además, El Jueves 18 de Noviembre de 2021 el MOP publica en el Diario Oficial el llamado a licitación pública internacional a la concesión “Embalse Nueva La Punilla”, esta vez asumiendo el error en la capacidad de almacenamiento del embalse, es decir, con una capacidad máxima de 565 millones de  $m^3$ . Por lo tanto, el proyecto será sometido nuevamente a un proceso de evaluación de ofertas, en donde las empresas licitantes tendrán que presentar un programa de trabajo asociado a su oferta técnica. Al 27 de Diciembre de 2021, son 18 las empresas que han comprado las BALI del proyecto “Embalse Nueva La Punilla”. Aunque, esta vez no se tiene certeza si es que se hará uso del servicio complementario por parte del concesionario, es decir, la instalación de la central hidroeléctrica y todas sus obras asociadas para la generación de electricidad. En tanto, los procesos constructivos asociados a la presa CFRD siguen siendo los mismos y se espera que las estrategias constructivas presentadas usen como base a la presentada por Astaldi.

# Capítulo 8

## Conclusiones

Finalizado el trabajo de investigación se dan por cumplidos los objetivos planteados al comienzo de este informe. Se logra analizar la Sustentabilidad, Estándar de Diseño, Gestión Contractual y Planificación de Construcción del proyecto Embalse y Central Hidroeléctrica Punilla. Las conclusiones que se pueden extraer de los análisis presentados en los capítulos precedentes son múltiples, por lo que, a fin de obtener cierta claridad en la presentación, se divide por párrafo cada eje analizado y se presentan las conclusiones de la información desarrollada en los capítulos respectivos.

La Sustentabilidad del proyecto Punilla, para efectos de este estudio, corresponde al eje crítico de análisis y es el de mayor importancia dado los acontecimientos ocurridos con los desalojos forzosos, los cuales, distan en gran magnitud de un procedimiento correcto y sustentable. El BID advierte claramente que cuando el reasentamiento está mal planificado puede causar resistencia local y tensión política, así como importantes demoras en la ejecución del proyecto, cuyos resultados son sobrecostos, menores beneficios del proyecto, y en casos extremos, incluso la suspensión de éste, que es justamente lo que ocurrió con el proyecto Punilla hasta que la suspensión es derogada por el Tribunal Ambiental al demostrarse la legalidad de los sucesos ocurridos por parte de la SCAP y el MOP. Esto marca un hito que acrecienta aún más el rechazo ciudadano que tiene la infraestructura de embalses y centrales hidroeléctricas, lo que evidentemente resulta ir en contra de lo planificado por el MOP, el cual buscaba fomentar el desarrollo de Infraestructura Sostenible por medio del proyecto Punilla, siendo este el “modelo a seguir” para la cartera de proyectos del Plan Nacional de Embalses.

Para analizar la Sustentabilidad, se revisó el marco de referencia estratégico institucional, desde instrumentos nacionales hasta comunales, en donde el proyecto Punilla aparece como obra de infraestructura relevante en los instrumentos de gestión territorial con miras al desarrollo agrícola que busca tener la región del Ñuble (Ex Biobío). Aunque, aún no se elabora un Plan Energético Regional que evalúe la compatibilidad social de los proyectos en agenda e incorpore los lineamientos de la evaluación ambiental estratégica. Sumado a esto, los proyectos de gestión del Recurso Hídrico no dotarán de una planificación adecuada si no existe una gestión integral de la cuenca, que permita compatibilizar el desarrollo hidroeléctrico con la vocación de la cuenca y coordinar esta con la planificación del sistema eléctrico nacional, entendiendo el multipropósito de las cuencas y el uso alternativo del agua. En este sentido, se destaca que la DGA haya efectuado ya un plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca del Maule, lo cual debe ser homologado para la distintas cuencas del país. Por otra parte, se

generó un levantamiento de la situación actual de los proyectos emplazados en la comuna de San Fabián para terminar analizando el EIA del proyecto Punilla. Respecto a este último, existe una gran cantidad de impactos ambientales graves asociados a la construcción y operación del embalse, entre estos destaca la afectación al régimen hidrológico de la subcuenca; la afectación a los cuerpos de agua y la fauna íctica; la tala de 700 ha de bosque nativo ubicadas en un sitio de conservación ecológica, que además resulta tener zonas con presencia comprobada del Huemul y otras especies endémicas y en peligro de extinción. El análisis efectuado permite concluir que el EIA resulta tener múltiples carencias en cuanto a la calificación de impactos y las medidas de mitigación, reparación y/o compensación propuestas y, que son los oficios de pronunciamiento los que dan la retroalimentación necesaria para realizar las gestiones adaptativas y dar con las medidas adecuadas. Por último, surgen aspectos que dan cuenta de una desactualización del proyecto respecto al marco normativo. No se evalúa de manera conjunta y no fragmentada el impacto de la generación y la transmisión, ingresando la torres de alta tensión al SEIA en un estudio aparte. A su vez, no se evalúa ambientalmente la sinergia de impactos de estos proyectos, dando así incertidumbre respecto a la calidad de las medidas ambientales definidas por la RCA. Se suma también el incumplimiento en los cronogramas, lo cual prolonga los impactos sociales del desalojo y deriva en una desactualización de los impactos medidos que ya cuentan con aproximadamente 20 años de atraso.

Por otra parte, respecto a la gestión socio-cultural, emergen una gran cantidad de factores que están propensos a mejora según el análisis efectuado en las secciones 4.6.5 y 4.7. Por un lado, se tiene que los esfuerzos de acercamiento comunitario debiesen ser máximos, aún más cuando los proyectos se realizan a cargo del Ministerio de Obras Públicas. Considerando esto último, la Sociedad Concesionaria debiese interceder en el proyecto teniendo como base un relacionamiento comunitario ya trabajado por el MOP, y los esfuerzos de ésta se orienten en el fortalecimiento y cumplimiento de acuerdos ya realizados entre el MOP y la ciudadanía, por medio de un trabajo permanente y consistente durante el tiempo. Lo ocurrido en el proceso de participación ciudadana en el proyecto Punilla, da cuenta de procesos de participación en los cuales no había claridad ni una planificación suficiente para el traspaso de confianza a la comunidad. Las inquietudes de los afectados se mantienen durante todo el proyecto y la sensación de una compensación insuficiente fue lo que llevó a algunos afectados a no firmar el PDS, lo que surge como una respuesta natural frente a la amenaza lógica que representa el reasentamiento. Por lo tanto, el proyecto Punilla reafirma que el costo en medidas de reasentamiento resulta en la inversión clave para la obtención de la licencia social, aporta a la consolidación de la confianza y evitará los gastos mayores que se deriven de la resistencia local, en atrasos y en la respectiva prolongación de los impactos, como aconteció en este proyecto. Por otra parte, la incorporación de mecanismos de comunicación, reclamos y controversias que asegure la corresponsabilidad de los actores, hubiese permitido dar solución a la negativa a firmar el PDS, con un mecanismo de resolución del conflicto y con el conocimiento por parte de los afectados sobre la carga mínima no cumplida durante el proceso.

Respecto a la Gestión contractual, una vez realizado el análisis de los antecedentes contractuales, las auditorías efectuadas por Contraloría y la discrepancia en el PTC, se concluye que existe una amplia mejora en la gestión de los proyectos ejecutados bajo la modalidad de concesión, en donde la gestión adaptativa resulta clave para avanzar en el desarrollo de infraestructura pública, considerando además que la asociación público-privada resulta ser el camino adecuado para el modelo económico definido en Chile. Para ello, es imperativo

mantener una supervisión constante y eficaz, que derive en optimizaciones concretas, ya que, los contratos involucrados, al tener larga duración y contemplar la etapa de Construcción y Explotación, están sujetos a una alta posibilidad de discrepancias y/o controversias. Estos conflictos deben ser solucionados en forma expedita para evitar que los impactos sociales y sobrecostos asociados se vean prolongados. Con este fin, se debe fortalecer al PTC, al desempeño del Inspector Fiscal y la articulación interna de la Dirección General de Concesiones. En cuanto a la discrepancia en el PTC por la menor capacidad del embalse, se concluye que la recomendación del PTC está sujeta al marco normativo aplicable y que la compensación exigida por la SC no se atañe a lo estipulado en el contrato. Además, la extinción de contrato pasa a ser elección de la SC y no una imposición por parte de la recomendación del PTC. Respecto a la veracidad de los antecedentes referenciales, que resulta ser la causa principal de la extinción del contrato del Embalse Punilla, es un asunto difícil de remediar, no obstante, la experiencia ocurrida en esta licitación debe ser un precedente para que otras SC revisen de manera exhaustiva aquellos documentos que sean de crucial importancia como lo es la capacidad de almacenamiento en proyectos de embalses.

En cuanto al estándar de diseño del proyecto Punilla, se logró efectuar el análisis comparativo entre el diseño del proyecto y los actuales criterios técnicos utilizados en presas CFRD. Se dio cuenta de aquellos factores que tenían una actualización en los proyectos recientes, tanto en el diseño como en los métodos constructivos, resultando que la estrategia constructiva presentada por Astaldi es reciente y similar a los métodos actuales. En cuanto a los documentos de Ingeniería de diseño, se reitera el hecho de que la documentación correspondiente a la actualización de Ingeniería de Detalles elaborada por la Sociedad Concesionaria no fue posible obtener, dado que, durante el desarrollo de este trabajo de investigación, se encontraba inconclusa la demanda por extinción de contrato presentada por el MOP, dados los incumplimientos de la SC, lo que mantenía en restricción la entrega de dichos documentos por medio de la ley de transparencia. Esto se soslaya, analizando el diseño presentado en los Antecedentes Referenciales y efectuando el análisis comparativo. Con base en el análisis realizado, se concluye que la Ingeniería del proyecto está ejecutada correctamente, se siguió el estándar técnico que instaura la experiencia recogida a lo largo de los años en las presas CFRD, la cual es crucial dado lo empírico de ciertos criterios. Se consideraron los aspectos claves para la presas de tierra como las ataguías de protección, un desvío del río planificado acorde a las condiciones hidrogeológicas de la angostura del Punilla, la Geotecnia del proyecto fue correctamente evaluada y aprobada por expertos en la materia y, se siguen todos las recomendaciones y criterios técnicos que da el estado del arte a la fecha de presentación de los diseños. Además, dada las exigencias contenidas en las BALI, es de esperar que aquellas actualizaciones incorporadas recientemente en las presas de tipo CFRD, y presentadas en el capítulo 5 y la sección C.3, sean incluidas en el diseño y sean evaluadas por el experto internacional, el cual debe dar la aprobación final al Proyecto de Ingeniería Definitiva.

Por otra parte, se logra analizar y estimar los impactos generados en la planificación de construcción del proyecto propuesta por la SC, los cuales resultan en atrasos considerables. No se logra dar propuestas de optimización, ya que, el programa de trabajo elaborado estaba bajo varios supuestos y sin el nivel de detalle para analizar si los plazos estaban bien estipulados. No obstante, se da cuenta del impacto en los plazos que tiene la demanda ambiental por los desalojos forzosos y la discrepancia por la menor capacidad del embalse, como esto afecta el desarrollo de las obras y por consiguiente, la calidad y los costos del proyecto. Con todo lo

sucedido, resulta lógico que el proyecto no se haya materializado en el periodo correspondiente ni haya presentado avance alguno en las obras, dado que el análisis efectuado da cuenta de múltiples procesos deficientes.

Finalmente, la decisión de relicitar el proyecto, responde a la necesidad de la implementación de infraestructura hídrica para enfrentar la escasez del recurso y los efectos crecientes del cambio climático, lo cual corresponde a un criterio respaldado por la academia y por profesionales de diversas áreas de la ciencia y la política pública. En específico, la Ingeniería Civil debe aumentar la calidad y disminuir los plazos y costos de estas obras, ya que la experiencia reciente ha ido en sentido contrario, derivando en la desincentivación de la inversión. La causal crítica de esto, que es transversal en cualquier proyecto de embalse y/o hidroeléctrico, es la gestión Socio-Cultural y Ambiental, por lo tanto, la Ingeniería debe hacer uso de sus herramientas para que esta sea abordada y solucionada con la mayor calidad posible. Respeto a esto último, el concepto de Sustentabilidad en la Ingeniería no pasa por la aplicación de estándares ni de gestiones específicas que aporten en la disminución de los impactos generados por la infraestructura, es el redireccionamiento de la Ingeniería Civil que ha priorizado siempre el factor económico por sobre el social y ambiental. Corresponde al único camino realista por el cual se debe generar el desarrollo de infraestructura o cualquier proyecto de inversión. La oposición y rechazo ciudadano, surge como una resistencia natural al ver como el equilibrio ecológico pierde cada vez más importancia siendo que debiese ser prioridad. En este sentido, el rol del estado debe ser mayor para así dar señales claras de un compromiso real con las comunidades y con los recursos naturales, y así volver a generar confianza en las instituciones públicas. Para ello, se recomienda abordar una estrategia de desarrollo explícita y concordada a nivel país, con discusión supraministerial, para avanzar en la generación de producto y su adecuada distribución para dar frente a los actuales desafíos del país: compromisos en la baja de emisiones, objetivos de desarrollo sostenible, crisis hídrica, cambio climático, demanda por mayor participación ciudadana, nueva constitución, cambios institucionales, entre otros. Los desafíos son muchos, por ende, los esfuerzos deben ser máximos y este trabajo de investigación ilustra, por medio de la experiencia del proyecto Punilla, una gran cantidad de factores propensos a mejora y que muchos de ellos deben ser corregidos a la brevedad.

# Bibliografía

- Alvarado, C. (2020). Planning and Detailed Engineering Design of the 265-m-high Dudhkoshi Concrete Faced Rockfill Dam (CFRD) in Nepal. *International Water Power and Dam Construction*, 12.
- Astaldi. (2015). Estrategia de Trabajo - Concesión de la obra pública Embalse Punilla.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). Reasentamiento involuntario en los proyectos del BID: Principios y Lineamientos. , 53.
- Basso, R. (2019). Diseño de CFRD en condiciones sísmicas severas. *Lombardi S.A.*.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2021). Hidrografía Región de Ñuble. , [en línea] <<https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region16/hidrografia.htm>> [consulta : 18 agosto 2021].
- Bureau of Reclamation. (2007). *Diseño de pequeñas presas* (3era Edici ed.).
- Cade-Idepe. (2004a). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Embalse Punilla*.
- Cade-Idepe. (2004b). Estudio Específico del Medio Social - Proyecto Embalse Punilla.
- Catalano, E., Stucchi, R., Crapp, R., y Basso, R. (2018). Analysis of tensile stresses arising in the concrete slab of CFRD in seismic areas. *Hydro 2018 conference proceedings*.
- Centro de Energía FCFM. (2014). Mesa Central Hidroelectricidad, inserta en el proceso participativo de la Política Energética de largo plazo.
- Comisión Mundial de Represas. (2000). Represas y Desarrollo. Un nuevo marco para la toma de decisiones. *Earthscan Publications*, 456.
- Comité Consultivo de Energía. (2015). Hoja de Ruta 2050. *Ministerio de Energía*, 25.
- Contraloría General de la República. (2019). Informe Final N° 616-2018, Sobre Auditoría al Contrato de Concesión-Embalse Punilla.
- Controlaría General de la Republica. (2020). Informe Final N°249/2020 - Sobre Auditoría a las multas propuestas, aplicadas y/o cobradas a las sociedades concesionarias por parte de la Dirección General de Concesiones de Obras Publicas.
- EDIC Ingenieros. (2004). Diseño Embalse y Central Punilla.
- Energía Abierta. (2019). Proyectos de Generación Eléctrica en Etapa de Construcción. , [en línea] <<http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/236039/ultimos-proyectos-de-generacion-electrica-en-etapa-de-construccion/>> [consulta : 06 julio 2021].
- Georgoulas, A., Arrasate, M. I., y Georgoulas, N. (2018). Embalse La Punilla - Análisis ENVISION. , 1-104.

- Guevara, R. (2018). Criterios de diseño y experiencias de construcción en presas de enrocado y/o grava con cara de concreto y/o geomembranas.
- Instituto de Ingenieros de Chile. (2010). El rol de los embalses para su regulación.
- International Energy Agency. (2021). Hydropower Special Market Report Analysis and forecast to 2030.
- Kaliski, E. (2003). *Apuntes del curso - Evaluación de impacto ambiental en Ingeniería Hidráulica*. Santiago.
- La Discusión. (2022). La sequía en la cuenca del Río Ñuble. , [en línea] <<https://www.ladiscusion.cl/la-sequia-en-la-cuenca-del-rio-nuble/>> [consulta : 10 febrero 2022].
- Ma, H., y Chi, F. (2016). Technical Progress on Researches for the Safety of High Concrete-Faced Rockfill Dams. *Elsevier*, 8.
- Materón, B. (2015a). Curso sobre Diseño y Construcción de Presas de Enrocado Compactado con Cara de Concreto.
- Materón, B., Cruz, P. T., y Freitas, M. S. (2015b). Evolution of zoning for the Concrete Face Rockfill Dams (CFRD'S) related to the existance of local materials. *Second International Dam World Conference*, 11.
- Materón, B., y Fernandez, G. (2011). Considerations on the seismic design of high Concrete Face Rockfill Dams (CFRDs). *The Second International Symposium on Rockfill Dams*, 12.
- McPhee, J., Rubio, E., Meza, R., y Ayala, Á. (2012). Análisis de la vulnerabilidad del sector hidroeléctrico frente a escenarios futuros de cambio climático en Chile.
- Meier, C., Link, Ó., Flores, P., Flores, E., y Azócar, G. (2015). Estándares Internacionales de Sustentabilidad para la Hidroelectricidad y Posibilidades de Implementación en Chile.
- Ministerio de Energía. (2015). *Energía 2050: Política Energética de Chile*.
- Ministerio de Energía. (2016). Informe Final Estudio de Cuencas 2.
- Ministerio de Energía. (2021). Planificación Energética de Largo Plazo 2023-2027.
- Ministerio de Energía. (2021b). Indicadores Ambientales Sector Energía. , [en línea] <<https://www.energia.gob.cl/indicadores-ambientales-contribucion-del-sector-las-emisiones-gei-nacionales>> [consulta : 19 julio 2021].
- MOP. (2010). Chile 2020. Obras Públicas para el desarrollo. , 238.
- Municipalidad de San Fabián. (2017a). Extensión Plan de Desarrollo Comunal para los años 2018-2019.
- Municipalidad de San Fabián. (2017b). ORD N°367: Pronunciamiento Municipal sobre proyecto  
Línea de Transmisión 1x220 kV Punilla-San Fabián.
- Oxford University Press. (1987). Nuestro Futuro Común.
- Panel Técnico de Concesiones. (2019). Expediente D06-2019-19:  
Discrepancia por efectos derivados de la menor capacidad de almacenamiento del Em-

balse Punilla.

Rubik Sustentabilidad. (2017). Propuesta de principios y criterios para un documento de referencia de buenas prácticas en hidroelectricidad sustentable en Chile, para la contribución de los compromisos de la Política Energética 2050.

SEIA. (2014). Guía de evaluación de impacto ambiental: Reasentamiento de comunidades humanas. , 32.

Tercer Tribunal Ambiental de Chile. (2020). Rechazan demanda ambiental contra Proyecto Embalse Punilla. , [en línea] <<https://3ta.cl/noticias/rechazan-demanda-ambiental-contraproyecto-embalse-punilla-2/>> [consulta : 05 septiembre 2021].

Vicuña, S. (2016). Cambio Climático e Hidroelectricidad en Chile. , 12.

Yepes, V. (2019). Constructividad, constructibilidad, constructabilidad, ¿todo lo mismo? , [en línea] <<https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/06/03/constr>> [consulta : 11 mayo 2021].

Zarta, P. (2018). *La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad*. Colombia.

# ANEXOS

## Anexo A

### Propuesta de principios y criterios de sustentabilidad para la industria hidroeléctrica

Principio	Lineamientos	Cumple	Observaciones	
Buena fe y responsabilidad en toda la estructura organizacional	<b>Buena fe para el desarrollo de proyectos</b>	<i>la aproximación al desarrollo de proyectos debe estar regida por la buena fe, la cual debe nacer de parte de los propietarios del proyecto y ser transmitida efectivamente a lo largo de toda la cadena jerárquica, tanto a nivel interno en la organización como con contratistas y proveedores y durante todas las etapas del proyecto.</i>	PARCIAL	Como el mandante es el MOP, se asume un comportamiento ético y riguroso por parte del mismo y esto quedó demostrado en la sentencia en los tribunales ambientales. En cuanto al desempeño de Astaldi (contratista) y Novum Mare (Subcontratista encargado de relacionamiento comunitario) existen testimonios que dan cuenta de prácticas ejecutadas que no fueron bien recibidas.
	<b>Riguroso cumplimiento de la legislación y los acuerdos internacionales</b>	<i>los diferentes agentes involucrados en el desarrollo del proyecto, tanto a nivel interno de la organización como contratistas y proveedores, deben cumplir estrictamente la legislación y el marco normativo, tanto en términos de las leyes locales como de los acuerdos internacionales firmados y ratificados por el país. Particular atención se le debe poner a la legislación ambiental y lo establecido en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, derechos humanos y derechos de los pueblos indígenas.</i>	PARCIAL	A favor del proyecto se tiene la evidencia respecto a la demanda del 3er tribunal ambiental, en donde se validan legalmente las acciones. Pero se identifica incumplimientos en el fraccionamiento del proyecto y en la evaluación de sinergias de impactos.
	<b>Mecanismos internos de control y reporte</b>	<i>los mecanismos de monitoreo y reporte del desempeño ambiental y social, así como del correcto cumplimiento de la legislación, permiten minimizar el riesgo de comportamiento inapropiado por parte de los diferentes actores a lo largo de la cadena jerárquica, tanto a nivel interno de la organización como en el caso de contratistas y proveedores. Adicionalmente, y de forma complementaria, se debe propiciar un diseño de incentivos vinculados al correcto desempeño ambiental y social.</i>	NO	El monitoreo de las medidas asociadas al desempeño ambiental y social están a cargo del inspector fiscal, el cual está facultado para multar frente a un incumplimiento, pero no hay incentivos. No existen mecanismo de control y reporte, y no hubo un correcto desempeño en la gestión social por parte de Novum Mare y Astaldi, ya que, hubo reclamos constantes por parte de la comunidad.
	<b>Monitoreo participativo</b>	<i>los diferentes elementos de la gestión ambiental y social del proyecto, tanto normativos como voluntarios, debieran contar con mecanismos de monitoreo participativo. Esto implica establecer de mutuo acuerdo con las comunidades y los actores relevantes del territorio la orgánica, mecanismos, indicadores y plazos del monitoreo y darle un seguimiento transparente y responsable por parte de la empresa.</i>	NO	No se estableció un monitoreo participativo, siendo este ejercido por el inspector fiscal y no actores territoriales.
	<b>Jerarquía de gestión de impactos</b>	<i>todo proyecto, desde su concepción, debe partir por evitar generar impactos negativos en el territorio, tanto ambientales como sociales, particularmente aquellos que impliquen una afectación significativa del medio. En segundo lugar, aquellos impactos relevantes que no puedan ser evitados, deben ser evaluados en etapas tempranas del desarrollo del proyecto, para asegurar la identificación de los mecanismos más adecuados de mitigación. Los mecanismos de compensación debiesen quedar reservados exclusivamente para los impactos negativos residuales.</i>	SI	Se efectúa una jerarquización de impactos, que permiten abordar las medidas de mitigación/compensación/repación críticas, y darle un mayor énfasis.
	<b>Localización para la minimización de impactos negativos</b>	<i>el análisis de pre-factibilidad de los proyectos debiese partir con una evaluación de potenciales localizaciones, con tal de descartar ex ante aquellas donde existan incompatibilidades desde el punto de vista del uso del territorio o impactos ambientales y sociales potenciales que no puedan ser mitigados. Esto implica tener consideraciones de los instrumentos de planificación territorial que aplican a las potenciales localizaciones y posibles impactos acumulativos, así como un proceso de diálogo con los distintos usuarios de la cuenca.</i>	NO	El análisis de pre-factibilidad y de factibilidad se realizó en base a la combinación técnico -económica de la misma y no respecto a impactos ambientales y/o incompatibilización del uso territorial.

Gestión integral de impactos ambientales y sociales	<b>Minimización de impactos en la etapa de diseño</b>	<i>el levantamiento de información ambiental y social, así como el acercamiento a la comunidad para el desarrollo de procesos participativos bidireccionales, en etapas tempranas del diseño técnico de los proyectos, son positivos para una adecuada identificación de impactos que puedan abordarse en el diseño del proyecto. De esta forma, se pueden minimizar los impactos negativos del proyecto y maximizar los impactos positivos para asegurar la generación de valor en el territorio. En la medida en que más avance el desarrollo de proyecto, se reduce la factibilidad técnica y económica de abordar los impactos por medio del diseño del proyecto, dificultando la gestión de los mismos.</i>	NO	La mitigación de impactos se realiza post definición del proyecto, por lo que las medidas son bajo la lógica compensatoria y no preventiva.
	<b>Compensación ante impactos negativos no esperados</b>	<i>una vez que se ha aplicado la lógica de la jerarquía de gestión de impactos, y ante la incertidumbre frente a posibles impactos que no puedan ser evaluados en su total complejidad de forma ex ante, es recomendable acordar mecanismos que permitan compensar los impactos no esperados, si suceden. Mediante procesos voluntarios, bilaterales y consensuados con las comunidades, se pueden establecer: una evaluación independiente de impactos no anticipados (cuando estos ocurran) y alternativas de compensación o indemnización definidas previamente, lo que permitirá reducir la incertidumbre por parte de la comunidad y el riesgo futuro.</i>	NO	No existe un mecanismo de compensación que permita gestionar impactos no previstos. Si bien la Adenda permite una retroalimentación en cuanto a impactos, post RCA, no hay medida que de cuenta de una gestión adaptativa.
	<b>Consistencia de las medidas de compensación</b>	<i>se debe cuidar la consistencia de las medidas de compensación de impactos en el tiempo, asegurando una gradualidad y evolución de las diferentes acciones. Esto implica tanto la generación de las condiciones necesarias para alcanzar los objetivos deseados como evitar dejar procesos inconclusos.</i>	SI	Las medidas de compensación cobran consistencia luego de los procesos de retroalimentación ocurridos en las adendas, en el diálogo ocurrido con las comunidades y la asesoría municipal que exigió mínimos aceptables para una buena calidad del PDS.
Relacionamiento temprano, simétrico y permanente con las comunidades locales	<b>Proceso continuo de construcción de confianzas</b>	<i>es necesario un proceso de creación de confianza temprana con las comunidades locales, priorizando la relación cara a cara y la transparencia en la comunicación. El diseño del proyecto debe considerar procesos de diálogo con las comunidades, respetando sus tiempos, para llegar a acuerdos que sean sentidos como legítimos por las partes involucradas.</i>	NO	No se logra crear confianza entre el MOP/Astaldi/Novum Mare y los afectados. La relación siempre fue bajo incertidumbre, sensación de abandono y preocupación por parte de los vecinos. No hubo participación ciudadana en los procesos de diseño y no hubo acuerdos legitimados por parte de la ciudadanía.
	<b>Proximidad de la toma de decisiones</b>	<i>una cercanía efectiva de los tomadores de decisiones estratégicas del proyecto al proceso de relacionamiento con la comunidad y la reciprocidad en las relaciones entre éstos y los actores locales, permitirá fortalecer las confianzas y reducirá el riesgo de toma de decisiones con información imparcial o distorsionada acerca de las percepciones y necesidades de las comunidades. Para ello, se recomienda contar con equipos con presencia local y entendimiento del territorio y sus comunidades, así como con la participación de la alta gerencia en los procesos de diálogo y negociación con las comunidades.</i>	NO	La empresa subcontratada Novum Mare no ejerció una labor efectiva con la comunidad. La relación fue de desconfianza por lo que no hubo acuerdos entre las partes.
	<b>Representatividad y legitimidad en el diálogo</b>	<i>es importante contar con los interlocutores validados y representativos de todos los grupos de interés del proyecto. Esto implica una adecuada identificación de stakeholders y/o actores interesados, así como el diseño y la implementación de mecanismos de gobernanza y articulación de los diferentes grupos de interés que permitan llegar a acuerdos legítimos para todas las partes y que sean sustentables en el tiempo. También implica reconocer que existen o pueden surgir diferentes liderazgos, en algunos casos contrapuestos, que pueden afectar el proceso de diálogo. Por lo mismo, resulta clave tener un acercamiento a las bases, facilitando que todo concernido tenga acceso a la información relevante y la posibilidad de plantear sus preocupaciones u opiniones.</i>	SI	Si bien esto se realiza en el proceso de actualización de RCA, se logra tener una adecuada representatividad de todos los afectados directa o indirectamente.

	<b>Contrapartes empoderadas y habilitadas</b>	<i>hay que promover que los interlocutores cuenten con las herramientas y capacidades organizacionales y técnicas para poder ser una contraparte efectiva y liderar un proceso de diálogo y establecimiento de acuerdos en representación de su comunidad. Para ello, se pueden considerar asesorías técnicas imparciales y apoyo de terceras partes neutrales. Adicionalmente, se deben considerar aspectos de disponibilidad de tiempo, accesibilidad y gastos, asegurando una logística que facilite la participación de los actores locales en las diferentes instancias que se lleven a cabo.</i>	SI	La municipalidad de San Fabian dispone de un equipo de asesoría técnica y jurídica para un diálogo efectivo entre las partes.
	<b>Consideraciones culturales y reconocimiento de derechos en el relacionamiento con comunidades indígenas</b>	<i>todo relacionamiento con comunidades indígenas debe incorporar, además de los criterios anteriores, consideraciones culturales, en relación a la cosmovisión y tradiciones de los pueblos originarios del país. Asimismo, debe existir un reconocimiento efectivo e implementación de los derechos indígenas reconocidos en los tratados internacionales firmados y ratificados por Chile. Esto aplica tanto para los canales, procedimientos y plazos de la comunicación, como para los actores (representantes de la empresa y externos) que llevan dicha comunicación.</i>	-	No aplica.
<b>Enfoque ecosistémico para la gestión ambiental</b>	<b>Gestión de impactos ambientales mediante enfoque ecosistémico</b>	<i>se recomienda una aproximación al análisis de impactos con una mirada integral al ecosistema del territorio donde se inserta el proyecto y los diferentes subsistemas que lo componen. Esto implica comprender los procesos e interrelaciones entre las diferentes especies y cómo éstas podrían verse afectadas por alteraciones al medio. Para ello resulta necesaria una mirada transdisciplinaria y profunda en el análisis.</i>	NO	La gestión de impactos se evalúa bajo los mínimos exigibles por la ley, siendo los procesos de adenda los que enriquecen en parte las medidas de mitigación y monitoreo. Además, se ignoran varios valores ambientales que no son analizados bajo una perspectiva integral.
	<b>Utilización de la mejor tecnología disponible</b>	<i>considerando que la intervención en el ecosistema sea la menor posible, se debieran incorporar las tecnologías más avanzadas disponibles para minimizar las alteraciones sobre los ecosistemas del territorio y, en lo posible, mantener el equilibrio ecosistémico durante la construcción y operación de los proyectos</i>	-	-
	<b>Caudal ambiental como régimen de caudales</b>	<i>el caudal ambiental se debe entender como un régimen o dinámica de caudales que permiten la provisión de una serie de servicios ecosistémicos y la mantención de la biodiversidad de la cuenca. Esto implica la mantención de niveles mínimos, máximos, periodos de dichos niveles, tasas de subida y de bajada, entre otras variables, con tal de mantener el equilibrio de los ecosistemas acuáticos y terrestres de las cuencas. Para ello resulta relevante incorporar consideraciones y tecnologías que permitan gestionar el caudal de tal manera que se mantenga una semblanza de variabilidad hidrológica de un escenario previo al proyecto. Para ello, se recomienda el uso de las herramientas y/o guías disponibles</i>	SI	Anexo Estudio Específico Caudal Ecológico pág 547.
	<b>Pérdida de biodiversidad neta cero</b>	<i>este concepto se refiere a que un proyecto debiera hacerse cargo de generar un efecto positivo alternativo y equivalente a los efectos adversos en términos de pérdidas de especies a causa del desarrollo del proyecto. Para ello debe considerarse la sustitución de los recursos naturales o elementos del medio ambiente afectados por otros de similares características, clase, naturaleza, calidad y función. Adicionalmente, al momento de compensar, se deben tener en consideración los equilibrios ecosistémicos de los cuales dichas especies formaban parte, previo a su pérdida, así como posibles alteraciones a los equilibrios ecosistémicos donde se inserten o reproduzcan nuevas especies en el marco de la compensación.</i>	SI	Se reforestará 700ha de bosque nativo + 306 ha para reforestación de especies. Se considera también planes de monitoreo enriquecidos en las adendas.

	<b>Investigación científica local</b>	<p>ante la limitada información respecto a especies endémicas de flora y/o fauna que puede existir en determinados territorios, y los eventuales impactos de la actividad hidroeléctrica sobre éstos, así como en relación a temas altamente técnicos como son el uso y manejo de los derechos de aguas y el caudal ecológico, se recomienda promover investigación científica local de carácter independiente mediante mecanismos tales como becas de investigación o convenios con universidades o centros de investigación locales. Adicionalmente, esto permite reducir el nivel de incertidumbre por parte de las comunidades locales, al contar con información generada en el marco de estudios de carácter académico.</p>	NO	No son promovidos estudios de investigación científica local en torno al proyecto.
Generación de valor en el territorio	<b>Gestión de impactos sociales</b>	<p>las empresas deben identificar temprana y adecuadamente los impactos sociales y gestionarlos mediante mecanismos y herramientas diseñadas específicamente para dicho fin. Las iniciativas voluntarias, tales como inversión social o generación de valor compartido, deben implementarse después que se hayan gestionado adecuadamente los impactos y, en ningún caso, como alternativa a la mitigación o compensación de impactos negativos.</p>	NO	Corresponde al eje crítico del proyecto y porque no se obtiene el acuerdo mutuo sobre el PDS. A juicio de los afectados, las medidas son insuficientes para mantener su condición de vida previa y la relocalización involucra un empobrecimiento. No se establecen mecanismo y herramientas para la gestión de impactos.
	<b>Desarrollo local autodefinido y autogestionado</b>	<p>la visión de desarrollo y la definición de las líneas de trabajo, prioridades de inversión y proyectos y programas que se desarrollen en el territorio, debieran ser construidos de forma participativa con los actores locales. De la misma forma, deben ser estos actores quienes lideren el desarrollo de su comunidad, accediendo a los canales oficiales del Estado para el desarrollo local y tomando en consideración las definiciones de desarrollo establecidas en los instrumentos de planificación a nivel comunal y regional. La empresa, en su rol de un integrante más de la comunidad, que cuenta con recursos y capacidades, tiene la responsabilidad de ser un actor estratégico a favor de las prioridades locales, sin hacerse cargo unilateralmente del desarrollo local.</p>	NO	El proyecto no se enmarca en el marco de referencia estratégico, no responde a los objetivos de desarrollo ahí planteados y el desarrollo local corresponde a lo mínimos exigibles respecto a los impactos que genera.
	<b>Trabajo conjunto</b>	<p>se debe promover y fomentar el trabajo conjunto con las instituciones públicas locales y regionales, así como con otras empresas con operaciones en el territorio, para el desarrollo local. Esto con el fin de asegurar que cada institución asuma su rol en el proceso de desarrollo, facilitar sinergias mediante el trabajo colectivo, asegurar la coherencia y consistencia de las acciones y concentrar y focalizar los esfuerzos y recursos para darle efectividad y eficiencia a las iniciativas que se desarrollen.</p>	SI	Se evidencia en los procesos, el involucramiento de las instituciones públicas respectivas para que aborden aquellas gestiones que son de su competencia (Adendas 1,2 y 3).
	<b>Compromiso con un desarrollo endógeno de largo plazo</b>	<p>la inversión social de la empresa en el territorio debe propiciar la generación de capacidades y entrega de herramientas –de capital físico o humano– que promuevan el desarrollo endógeno del territorio.</p>	SI	El proyecto considera la inclusión de mano de obra local y capacitación en Turismo (M13 - PDS), Medidas 15,16, 20 (capacitación laboral) y medida 27 del PDS.
	<b>Sinergias en la generación de valor</b>	<p>existiendo las oportunidades, se debe propiciar que el desarrollo de infraestructura y otro tipo de inversiones que se realicen en el marco de la construcción del proyecto sean mutuamente beneficiosas, tanto para la empresa como para el territorio. Para ello, es necesario un adecuado diagnóstico de desarrollo local, como también consensuar con las comunidades las iniciativas que se desarrollen. Actividades como el riego, el turismo, servicios de transporte y logística, el comercio, entre otras, pueden verse beneficiadas gracias al desarrollo del proyecto y, viceversa, facilitar una inserción armónica del mismo en el territorio. Esto puede requerir una inversión inicial por parte de la empresa, aporte que, de estar la intervención correctamente diseñada e implementada, debe menguar y extinguirse en el mediano plazo</p>	PARCIAL	Existen sinergias en la generación de valor. Aun así la inserción del proyecto no cataloga como armónica en el territorio, hay demanda por parte de la ciudadanía del bajo valor compensado en cuanto a la magnitud de los impactos.

<p><b>Generación de capacidades para el empleo y emprendimiento local</b></p>	<p><i>la empresa puede impulsar o promover el acceso a habilidades y conocimientos técnicos por parte de la comunidad local para el aprovechamiento de los puestos de trabajo y las oportunidades de negocio que se generarán con el desarrollo del proyecto, tanto temporalmente, con el proceso de construcción, como en el largo plazo, con la operación de la central y el desarrollo local asociado, favoreciendo así la contratación de servicios e insumos locales.</i></p>	<p>SI</p>	<p>El proyecto considera la inclusión de mano de obra local y capacitación en Turismo (M13 - PDS), Medidas 15,16, 20 (capacitación laboral) y medida 27 del PDS.</p>
<p><b>Empoderamiento de las mujeres y otros grupos vulnerables</b></p>	<p><i>de forma transversal a los diferentes criterios, resulta necesario un énfasis especial en el enfoque de género. Son mayoritariamente mujeres las líderes de las organizaciones comunitarias en zonas rurales –comités de vivienda, centros de madres, juntas de vecinos, asociaciones de agua potable rural, etc.–, quienes finalmente velan por el desarrollo local y llevan la relación con las autoridades y empresas del territorio. Adicionalmente, en zonas rurales existen un alto índice de hogares monoparentales, con mujeres jefas de hogar. Asimismo, resulta clave tener consideraciones especiales con otros grupos vulnerables del territorio, como pueden ser los adultos mayores o población joven desempleada</i></p>	<p>SI</p>	<p>Medida 29 PDS.</p>

## Anexo B

# Tabla de análisis de Participación Ciudadana

Acciones a realizar por etapas		Responsable	Cumple	Observaciones			
Empresa	Política sobre DDHH	Compromiso cooperativo de respetar DDHH	Astaldi S.A.	SI	4.6.1 Responsabilidad social, 2019_08_01_Astaldi_Codigo_Etico		
		Políticas y directrices sobre DDH	Astaldi S.A.	NO	Astaldi Código Ético (Disponible en: <a href="https://www.astaldi.com/en/documents/code-ethics">https://www.astaldi.com/en/documents/code-ethics</a> ) y Perfil de Sustentabilidad ( <a href="https://www.astaldi.com/en/documents/2017-sustainability-profile">https://www.astaldi.com/en/documents/2017-sustainability-profile</a> )		
		Diligencias para identificar, prevenir, mitigar, reparar impactos en DDHH	Astaldi S.A.	NO	Astaldi Código Ético (Disponible en: <a href="https://www.astaldi.com/en/documents/code-ethics">https://www.astaldi.com/en/documents/code-ethics</a> ) y Perfil de Sustentabilidad		
		Vinculación con ODS	Astaldi S.A.	NO	( <a href="https://www.astaldi.com/en/documents/2017-sustainability-profile">https://www.astaldi.com/en/documents/2017-sustainability-profile</a> )		
	Política o definiciones estratégicas de relacionamiento comunitario	Responsables del relacionamiento con el territorio y sus habitantes	Astaldi S.A.	SI	ISO14001 4.6.1 Responsabilidad social, Astaldi Código Ético		
		Involucra al equipo de relacionamiento comunitario en el diseño preliminar del proyecto	MOP	NO	-		
		Genera vínculo de la empresa con el territorio y comprensión de sus dinámicas por parte de todas las áreas	Astaldi S.A.	NO	-		
		Comprensión de estas dinámicas por parte de todas las áreas	Astaldi S.A.	NO	-		
		Para empresas subcontratadas, debe seguir siendo participe en el diálogo	Novum Mare	NO	-		
	Etapa previa la sistema de evaluación (6m a 2a antes)	Caracteriza el territorio incluyendo una perspectiva de las políticas públicas	Usa Instrumentos territoriales	Estudios de Cuencas	MOP	NO	No existe tal instrumento
Planes Energéticos Regionales				MOP	NO	No existe tal instrumento	
Estudio de Franjas				MOP	NO	No existe tal instrumento	
Estrategias, Políticas, Planes y Zonificaciones regionales y sectoriales existentes en el territorio			MOP	SI	Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico de la Región del Biobío al 2021 y Plan Director de Infraestructura 2010-2025		
Incorpora variable cambio climático			MOP	NO	A la fecha de diseño no era una variable a analizar		
		Identifica y caracteriza los distintos actores	Dirigentes Junta de Vecinos	MOP	SI	Estudio específico Medio Social (Anexos y Apéndices EIA pág 389) y ORD N°366-2017(pág 44)	
			Organizaciones territoriales	MOP	SI		
Organizaciones Funcionales			MOP	SI			
Ejerce validación de participación completa con actores anteriores		MOP	NO	-			
Actualiza debidamente esta información		MOP	SI	-			
Consta de un proceso de consulta y participación transparente, accesible, público e inclusivo		Plan de participación con actividades y plazos		MOP	NO	-	
			Pertinencia sociocultural de lo anterior	MOP	SI	ANEXO E EIA (pág 274)	
		Consideración de 3ero neutral como mediador		MOP	NO	Se realiza trabajo con municipalidades y otros entes regionales pero no hay mediador como tal considerando que el titular es el MOP	
			Antecedentes técnicos		MOP	SI	
				Potenciales impactos sociales (DDHH), económicos, ambientales	MOP	PARCIAL	Se realizan 2 talleres previos al ingreso SEIA, se conversa sobre los impactos sociales y los afectados plantean sus inquietudes. Pero, no se presentan impactos económicos y ambientales del proyecto lo cual es comunicado como preocupación por parte de los afectados
		Mecanismos de medidas de prevención, mitigación, compensación y reparación	MOP	PARCIAL	Se busca consensuar medidas de prevención, mitigación y reparación sobre relocalizaciones. Sin mecanismo claro		
		Visitas "puerta a puerta" a los dirigentes y a otros miembros de la comunidad	MOP	NO	Se realizaron entrevistas en el año 2002 en la etapa previa al ingreso SEIA. La entrevista fue con fin de levantar un diagnóstico socio cultural. El otro		

Etapa previa la sistema de evaluación (6m a 2a antes)	Promueve participación significativa	Realiza giras tecnológicas para que las comunidades puedan visitar proyectos en operación que sean similares	MOP	NO	-	
		Destina recursos para financiar asesores o expertos técnicos que puedan apoyar a las comunidades en el proceso de diálogo con la empresa, de manera de disminuir las brechas de conocimiento e información que pudieran existir	MOP	PARCIAL	No se realiza previo al ingreso al SEIA pero si al momento de actualización del PDS	
		Establece espacios de diálogo diferenciados con cada grupo autoidentificado, lo que permitirá atender mejor sus requerimientos	MOP	NO	Respecto a la aceptación del PDS, un afectado menciona que las personas que aceptaron el plan corresponde a aquellos que no tenían o era muy poca su masa ganadera. De aquí deriva un proceso de división de los afectados en aceptar o rechazar el PDS	
	Disposición o voluntad de llegar a acuerdos	Características del proyecto	MOP	NO	Se impone un diseño el cual no tiene modificaciones respecto a los procesos de consulta ciudadana	
		Medidas de prevención, mitigación o compensación posibles	MOP	SI	En las actas de reuniones se observan los cambios aplicados al PDS, luego del diálogo con los afectados	
		Documentación de todo el proceso en forma pública y conocida	MOP	NO	ión es pública luego de ingreso a SEIA y posterior a dema	
		Resultados de este proceso son divulgados y dados a conocer de manera pública	MOP	SI	La información era divulgada por personas que tenían influencia en el territorio	
		Asociatividad y valor compartido entre las partes, para el desarrollo local	Contenidos claros pero amplios y flexibles, que permitan adaptarse a los cambios del entorno	MOP	NO	Las medidas del PDS resultan ser específicos y con requisitos por parte de los reasentados, no se observa gran flexibilidad en ciertas medidas
			No se reduce sólo a entrega de montos de dinero sino que también a entrega de conocimientos, información, redes, patrocinio, apalancamiento de recursos, etc.	MOP	SI	PDS
			No se limita a entregar bienes, sino que también aporta en desarrollo de capacidades y otras iniciativas que potencien el desarrollo local.	MOP	SI	PDS
			Plan de implementación con horizonte de corto, mediano y largo plazo, considerando todo el ciclo de vida del proyecto	MOP	NO	El PDS cuenta con horizonte a corto plazo (4 años para modalidad colectiva y 1,5 años para modalidad individual). Solo considera hasta fase de construcción
			Orientar los aportes hacia el beneficio colectivo y no individual	MOP	SI	PDS
			Contenidos del acuerdo deben ser compatibles con el respeto a los DDHH	MOP	PARCIAL	
			Roles y responsabilidades claras entre la empresa, la comunidad, el Gobierno local y el Estado	MOP	SI	BALI
Mecanismo sencillo para modificar partes del acuerdo y las condiciones	MOP		NO	No se implementa mecanismo		
Contiene mecanismos claros de implementación	MOP		SI	PDS		
Contempla mecanismos de evaluación de impacto de las inversiones en el desarrollo local	MOP		NO	No se implementa mecanismo		
Contempla mecanismos de monitoreo de avances, rendición de cuentas y transparencia.	MOP	NO	No se implementa mecanismo			
Contiene mecanismos de comunicación, de reclamos y de resolución de controversias.	MOP	NO	No se implementa mecanismo			

		Contempla qué medidas tomar en caso de incumplimiento de alguna de las partes.	MOP	NO	Se evidencia en los posteriores desajolos	
Realiza una adecuada identificación de impactos (Ley N° 19.300 y el Decreto N° 40)	Identifica adecuadamente el área de influencia y los actores potencialmente afectados en cada área y su grado de afectación	Realiza una línea de base con participación de profesionales y actores locales	MOP	NO	Se evidencia en las adendas y las observaciones efectuadas (localidad de Veguillas entre otros)	
		Cuenta con una metodología que permita identificar impactos de diversa índole (ambiental, social, económico, cultural) y	MOP	SI	La línea base fue elaborada por la consultora Cadeldepe sin la inclusión en profesionales y actores locales.	
		Considera la percepción de los actores respecto de los impactos	MOP	NO	EIA Cap 2	
		Informa a los actores locales sobre los impactos identificados	MOP	NO	Después de 3 Adendas se logran acuerdo respecto a cierta temáticas	
			MOP	NO	Se realiza en el proceso de pronunciamientos por parte de los actores	
			MOP	NO		
Actualiza la debida diligencia en DDHH de la empresa	Asegura que los actores locales conozcan y comprendan sus derechos	Involucra actores locales y especialistas en identificación de posibles impactos a DDHH	MOP	NO	-	
		Involucra a personal capacitado para levantamiento de impactos específicos en niños y adolescentes	MOP	NO	-	
		Toma medidas para prevenir o evitar y mitigar los impactos negativos en los DDHH identificados	MOP	NO	-	
		Identifica posibles medidas de reparación en el caso que ocurrieran impactos negativos en los DDHH	MOP	NO	-	
			MOP	NO	-	
Registra los compromisos y consensos (desacuerdos y disensos) en los procesos de diálogo	Acuerdos en base a mayor diversidad posible de actores	Medidas de prevención, mitigación, compensación y reparación comprometida	MOP	SI	Los acuerdos se logran en base a aquellos que se hicieron presentes en las reuniones de actualización del PDS	
		Medidas de gestión de riesgos o consideraciones a tener en cuenta para la evaluación ambiental del proyecto	MOP	SI	Actas de reuniones del proceso de actualización del PDS	
		Las mejoras al diseño del proyecto que surgen a partir del proceso de diálogo	MOP	NO	Estudio específico Medio Social (Anexos y Apéndices EIA pág 399)	
		Acuerdos relacionados con medidas de protección ambiental y de monitoreo	MOP	SI	No se trata el diseño del proyecto en el diálogo, solo medidas de compensación	
		Mecanismos de monitoreo de los impactos y de sus medidas	MOP	SI	Actas de reuniones del proceso de actualización del PDS	
		Mecanismos de participación, mecanismos de comunicación, mecanismos de reclamos y mecanismos de resolución de controversias entre empresa y comunidad	MOP	NO	Se establecen mecanismos de monitoreo para las medidas del PDS	
			MOP	NO	No se disponen de estos mecanismos entre empresa y comunidad	
Etapa previa la sistema de evaluación (6m a 2a antes)	Mecanismos de comunicación bilaterales con los distintos actores relacionados	Transmite información relevante del proyecto y/o actividad de forma comprensible y pertinente	MOP	NO	-	
		Considera en la información las inquietudes y/u observaciones	MOP	SI	Taller 1 y 2 (Anexos y Apéndices EIA pág 393)	
		Recibe retroalimentación de los actores	MOP	SI	Taller 1 y 2 (Anexos y Apéndices EIA pág 393)	
		Identifica los distintos grupos de interés para generar planes de comunicación	MOP	SI	Taller 1 y 2 (Anexos y Apéndices EIA pág 393)	
		Asegura el acceso adecuado a la información de todos los actores interesados	MOP	NO	-	
	Implementa mecanismos que permitan la expresión de opiniones, inquietudes, quejas o sugerencias por parte de los distintos actores		Es legitimado y consultado con sus potenciales usuarios	MOP	NO	
			Es fácilmente comprensible y accesible para los usuarios	MOP	NO	
			Tiene procedimiento claro y conocido, con plazos, posibles procesos y resultados	MOP	NO	
			Es equitativo (condiciones de igualdad para reclamar)	MOP	NO	

	sugerencias por parte de los distintos actores del área y de disponibilidad permanente	Mecanismos de reclamos	Es transparente, manteniendo informadas a las partes del proceso de reclamación sobre su evolución	MOP	NO	No se implementó mecanismo de reclamo
			Es compatible con los derechos	MOP	NO	
			Posee gestiones adaptativas (aprendizaje continuo)	MOP	NO	
			Resuelve las inquietudes en el menor tiempo posible	MOP	NO	
			Es gratuito y no genera costo para el usuario.	MOP	NO	
			Es adecuadamente difundido	MOP	NO	
			Garantiza que no habrá represalias para sus usuarios	MOP	NO	
			No es excluyente de otros recursos administrativos o judiciales a los que la comunidad pueda asistir	MOP	NO	No se implementó mecanismo de resolución de controversias
		Mecanismo de resolución de controversias que busca asegurar el adecuado manejo y término de situaciones de conflicto	Es acordado previamente por los actores interesados	MOP	NO	
			Cuenta con un protocolo de actuación claro	MOP	NO	
			No es excluyente de otros recursos administrativos o judiciales a los que la comunidad pueda acudir	MOP	NO	
		Mantiene los 3 mecanismos definidos en la etapa anterior		MOP	NO	-
Durante EIA y Permisos	Procesos de participación ciudadana dentro del SEIA (PAC)	Colabora con la difusión de las actividades convocadas por el SEIA		MOP	SI	Al ser un proyecto público, lo estipulado en el reglamento SEIA fue aportado por el MOP
		Presenta los temas de interés de la comunidad		MOP	SI	
		Dialoga con la comunidad para conocer mejor sus perspectivas y mejorar la pertinencia de las respuestas a las observaciones		MOP	SI	
Una vez obtenida la RCA		Actualiza el acuerdo de relacionamiento y adecuarlo para la etapa de construcción		MOP	PARCIAL	En la actualización del PDS se actualiza en parte el acuerdo de ciertas medidas y como estas serán aplicadas

# Anexo C

## Estrategia Constructiva

La Estrategia de Trabajo aborda los métodos constructivos, el desarrollo de las obras; planes de calidad, ambiente y seguridad; estrategia de manejo del río y llenado del embalse. Se presenta a continuación, debido a su importancia, el detalle de las obras del muro de presa y la losa de hormigón.

### C.1. Muro de Presa

Las fases constructivas del relleno masivo de la presa, están condicionadas a las operaciones de desvío del río, por lo tanto, se iniciarán después de que se concluya la construcción de los túneles N° 1 y N°2. Paralelamente a la excavación subterránea de los túneles y al disponer de los caminos de servicio, se procede al escarpe y retiro de materiales sueltos en el sector de implantación de la presa, con el fin de conformar la superficie de contacto de la presa y la roca de fundación.

Así también, concluido el camino de servicio que conduce al extremo izquierdo aguas abajo de la presa y, aprovechando el bloque rocoso que sobresale en el sector y que divide el cauce, se interviene el río orientando el flujo del agua hacia el costado derecho, materializando de esta forma una zona en el margen izquierdo en la que, gracias a su ubicación y morfología, es posible rellenar antes de la operación de desvío del río. Se procede con las actividades de limpieza y adecuación previas de la superficie de contacto y a la sucesiva colocación de material en este sector, utilizando para la conformación del relleno, material proveniente de la zona de empréstito. El avance del tendido y compactación de material en esta zona se realizará conformando capas de ascenso escalonadas, de manera que estas se traslapen con las capas de relleno que se colocarán a futuro. Según las simulaciones realizadas se podrá ubicar en este sector alrededor de 180.000  $m^3$  de material entre 3C y 3B.

#### C.1.1. Relleno Masivo

Una vez terminados los trabajos de desvío del río y el cierre de la brecha, se procede de inmediato con la limpieza final del cuenco para conformar la superficie de fundación de la presa. La limpieza en la zona del cauce en el que se funda el plinto central será priorizada. Se amplían los rellenos dispuesto con anticipación a toda la superficie de fundación habilitada. El desarrollo sigue la secuencia que se muestra en la Figura C.1, que detalla las diferentes fases de avance de la conformación de la presa.

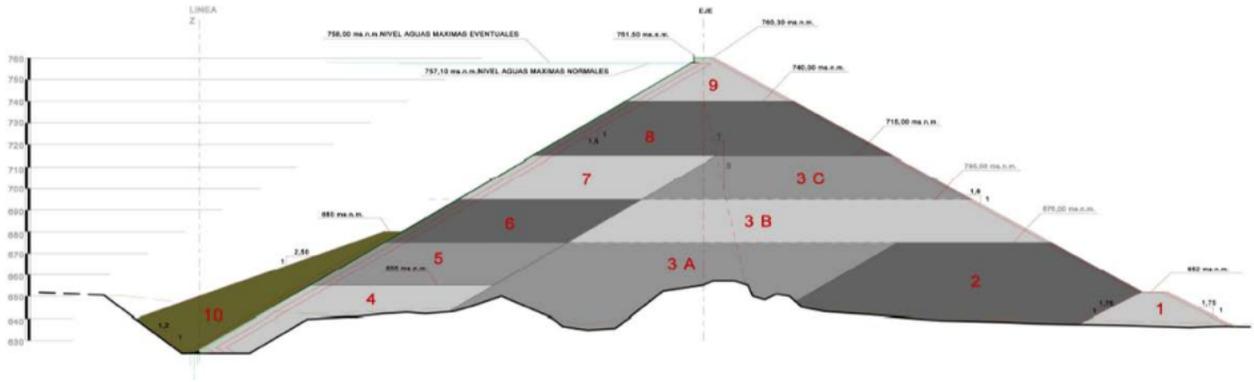


Figura C.1: Etapas de relleno masivo. Fuente: Astaldi (2015).

Para la excavación y carguío del material aluvial, se emplearán excavadoras tipo CAT 336 ME o similar. El transporte se realizará mediante camiones tolva articulados de  $25 m^3$  de capacidad y camiones de 4 ejes de  $17 m^3$ .

Los trabajos de relleno para la presa se realizarán conforme a especificaciones técnicas, estructurando capas según los espesores definidos para cada zona y tipología de material. Para los materiales 3B y 3C, con espesores de 60 y 90 cm respectivamente, el tendido se efectuará con tractores tipo CAT D8, y la compactación se realizará con rodillos vibratorios de 15 ton. Para los materiales 3A, 2A y 2B, de capas de espesor 30 cm, el tendido se realizará con tractores tipo CAT D6 o similar y serán compactados con rodillos de 10 ton. Se realizarán previamente terraplenes de prueba, que permitirán ajustar los procesos con el objeto de que los resultados se enmarquen en las especificaciones técnicas respectivas. Durante la descarga y tendido del material, antes de su compactación, se procederá a la aplicación de agua a fin obtener el contenido de humedad óptimo (aproximadamente  $300 L/m^3$ ). De igual manera, conforme avanza el relleno, se deberá instalar la instrumentación correspondiente (celdas de carga), que monitorea el comportamiento de la presa durante el proceso de construcción. Por otra parte, el contacto entre el material 2B y el bordillo de confinamiento se compactará utilizando un rodillo doble tambor de 1 ton.

### C.1.2. Plintos

Las excavaciones para la construcción de los plintos laterales se acometen contemporáneamente a la excavación de los túneles de desvío. Para el plinto derecho, cuya alineación presenta una pendiente menos abrupta, se excava en primera fase la capa de material suelto utilizando una excavadora tipo CAT 336. Los materiales producto de las excavaciones son cargados en camiones articulados de  $25 m^3$  y son conducidos a la escombrera. Se procede sucesivamente a la excavación de la roca para conformar la superficie de apoyo del plinto, utilizando para esta operación equipo de perforación y voladura. Los trabajos de fortificación de los taludes excavados, como instalación de pernos y aplicación de Hormigón Lanzado, se realizan paralelamente a medida que avanza la excavación. Para el plinto izquierdo, de mayor pendiente y que presenta una capa de suelo de poco espesor, los materiales que son extraídos por la excavadora son cargados en camiones tolva y transportados a escombrera. También se ubicarán en el sitio equipos de perforación y voladura (drill hidráulico Sandvick 850 y martillos hidráulicos demoldores) para la perforación de la roca de mala calidad.

En una segunda intervención se realizará el afinamiento, la limpieza, el hormigón dental y la instalación de las barras de anclaje que vincularán la estructura de concreto armado con la roca adyacente. La línea de apoyo del plinto del lecho del río se ubica en la roca sana subyacente, aproximadamente en la cota 624,1 m.s.n.m., razón por la cual durante la excavación será necesario el manejo de las aguas de infiltración. Para este objeto se instalarán sistemas de agotamiento con bombas sumergibles y pozos de recolección con una capacidad para desalojar 300 l/s de ingreso de agua.

Se procede a continuación con el perfilado final, limpieza de la rasante, hormigonado de nivelación, instalación de barras de anclaje, armado de acero de refuerzo y hormigonado del plinto. Es importante indicar que durante el hormigonado del plinto se dejarán embebidos en los concretos tubos de PVC pasantes, que servirán más adelante como camisas para las operaciones de perforación e inyección de consolidación e impermeabilización que deberán realizarse desde la superficie del plinto. La Figura C.2 muestra la imagen del modelo 3D de las excavaciones del plinto.

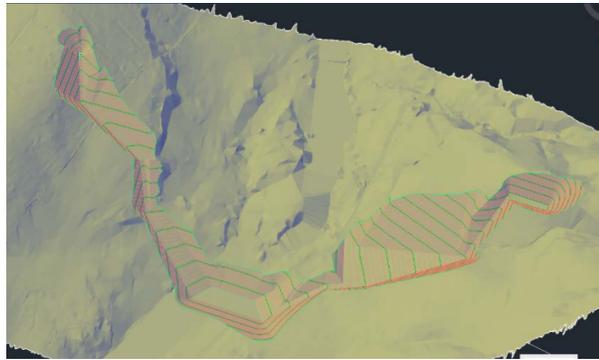


Figura C.2: Imágenes del modelo 3D de las excavaciones de los plintos.  
Fuente: Astaldi (2015).

Se utilizarán encofrados trepantes para el hormigonado de los plintos (Figura C.3), para el cual se utilizará el camión bomba con brazo articulado. La construcción de los plintos laterales seguirá ascendiendo en ambos costados. Los hormigones serán vaciados alternadamente (plinto izquierdo, plinto derecho) con fases de 12 m de longitud y utilizando dos juegos de encofrado.



Figura C.3: Construcción del plinto. Fuente: Astaldi (2015).

Con el avance de los plintos laterales, se inicia la construcción de los bordillos extruidos

y la colocación de los materiales tipo 2A, 2B y 3A que parten desde el plinto central, con lo cual comienza la conformación de la superficie de apoyo de la pantalla de hormigón de la presa. Inicialmente se trabajará con sólo una máquina bordilladora, sin embargo, cuando la longitud del bordillo sobrepase los 200 m, se integrará un segundo equipo con el propósito de mantener el avance necesario en la colocación de los materiales de filtro.



Figura C.4: Construcción del Bordillo Extruido. Fuente: Astaldi (2015).

### C.1.3. Cortina de Inyecciones

La construcción del plinto central posibilita el arranque de las operaciones de inyección de lechada de cemento para consolidación de la roca y conformación de la cortina de impermeabilización en este sector. La cortina se irá construyendo por etapas a partir de la zona inferior hacia la zona alta y se ejecutará 14 días después de haberse concretado la construcción del plinto. La Figura C.5 muestra el esquema de Inyecciones a desarrollar en la obra.

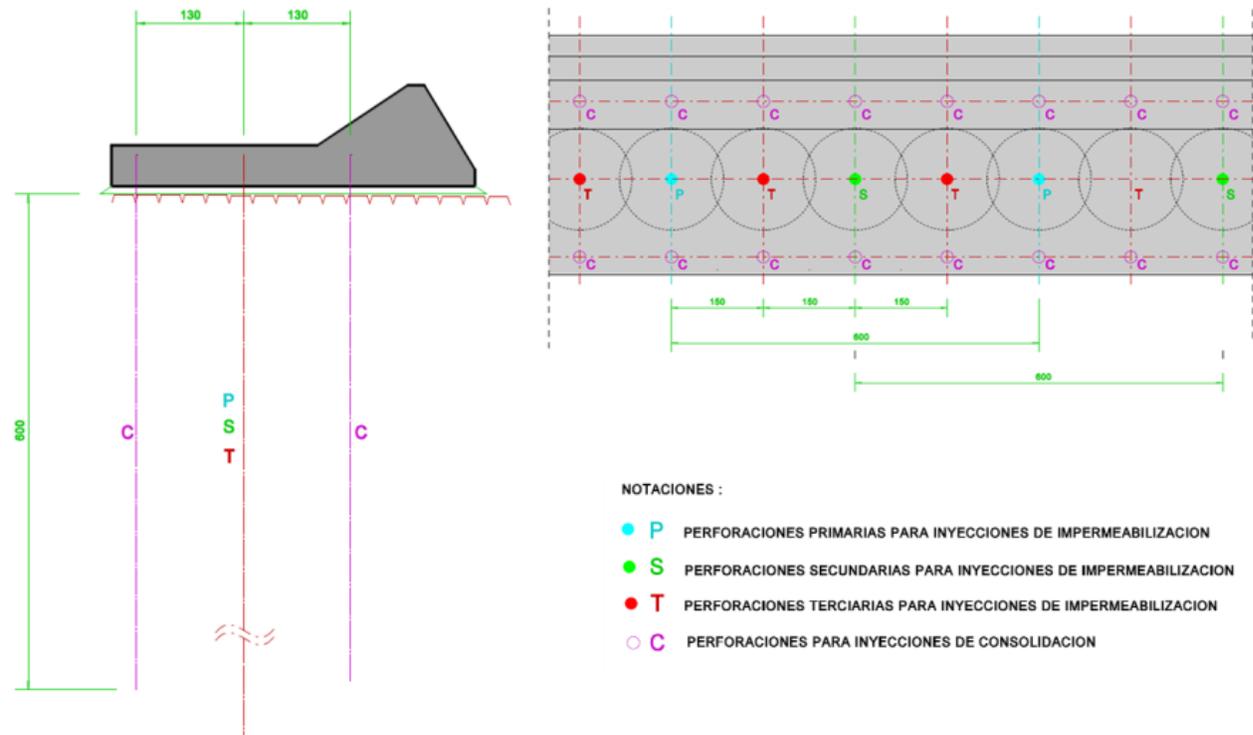


Figura C.5: Esquema de inyecciones. Fuente: Astaldi (2015).

Las inyecciones bajo el plinto de los empotramientos se iniciarán con las inyecciones de consolidación de la línea de aguas abajo, inyectando inicialmente una perforación por medio y luego las perforaciones intermedias. Posteriormente, se continuará con las inyecciones de consolidación de la línea de aguas arriba, procediendo de igual forma que con la línea de aguas abajo.

Una vez terminada la inyección de las dos líneas de consolidación podrá iniciarse las inyecciones de la línea central o de impermeabilización. Estas se iniciarán con la perforación e inyección de las primarias, luego se procederá a la perforación e inyección de las perforaciones secundarias y finalmente se harán las perforaciones e inyecciones terciarias.

Las inyecciones en roca serán realizadas por medio de perforadoras a rotación y perforadoras de roto-percusión. Se utilizará una lechada de cemento-agua con un súperplastificante, que será producida por una planta móvil de mezclado y bombeo, equipada con turbo-mezclador, agitador secundario y grupo de bombeo. El cemento deberá satisfacer las exigencias que las Especificaciones Técnicas imponen al respecto. En obra se contará con amplia disponibilidad de los accesorios necesarios para garantizar un proceso continuo en las operaciones de inyección.

## C.2. Pantalla de Hormigón

En el paramento de aguas arriba de la presa, con el avance sucesivo de hileras de bordillo extruido, se va formando la superficie sobre la cual yace la losa de hormigón de la cara de la presa, por lo tanto, se dispone de áreas en la zona del plinto central en las que se comenzarán las actividades de armado de juntas, colocación de acero de refuerzo y hormigonado de las losas de arranque. Por el mismo efecto y con el avance del hormigón de los plintos laterales, se dará inicio también a la construcción de las losas de contacto triangulares y trapezoidales que se conectan con los plintos izquierdo y derecho, mediante las juntas perimetrales.

Cuando el avance de la conformación del relleno de la presa en su etapa R2B alcance la cota 695, se procede con las operaciones de vaciado de la pantalla en su primera fase. Antes del inicio de la construcción de cada faja de la pantalla, se instalarán los elementos necesarios para materializar las juntas selladas, incluyendo los apoyos (mortero), los sellos de cobre y sus protecciones según lo que se muestra en los planos. Para el hormigonado se utilizarán moldajes deslizantes que serán izados por medio de malacates sincronizados colocados en la parte superior de la presa (Figura C.6). En las juntas horizontales, excepto en las zonas de contacto con el plinto y con el muro de coronamiento, se dejará enfierradura pasada. Las juntas horizontales serán limpiadas mediante arenado o disparo de agua a presión.



Figura C.6: Hormigonada de la pantalla de presa. Fuente: Astaldi (2015).

A continuación, se describen brevemente las operaciones previas al vaciado del concreto:

- Se procede a la construcción de las juntas de cobre, que incluye actividades como corte del bordillo, colocación del mortero de nivelación, sello de cobre, etc.
- En secuencia interviene la cuadrilla que arma los encofrados laterales de madera, que configuran las franjas de losa a hormigonar. Así también se deberá armar y asegurar los soportes para fijar los perfiles que guiarán el deslizamiento del carro de hormigonado.
- La instalación del acero de refuerzo comienza con la colocación de barras de soporte ancladas al bordillo, que servirán de apoyo para la armadura. En los primeros tramos el abastecimiento de las barras de acero se realizará desde la plataforma del plinto central mediante camión y grúa. Más adelante, se prepararán parrillas en la plataforma superior para transportar a su sitio de ubicación definitiva mediante el carro de transporte accionado con malacate (Figura C.7). Para cargar estas mallas prearmadas al carro se utilizará una grúa de 30 ton.



Figura C.7: Carro transporte de mallas de acero de refuerzo. Fuente: Astaldi (2015).

- Los vaciados se realizarán por gravedad; desde el acceso superior los camiones mixer vierten el hormigón en una tolva que alimenta a la tubería de PVC de  $d=25$  cm. Después de descender por el plano inclinado, el hormigón llega a la banda transportadora dispuesta en la plataforma de trabajo de la estructura deslizante y desde allí se realiza la distribución uniforme del material a lo ancho de la losa.



Figura C.8: Hormigonado pantalla presa con formaleta deslizante. Fuente: Astaldi (2015).

- La vibración del hormigón se realizará por medio de vibradores a inmersión, maniobrados desde la misma plataforma de trabajo.
- En la plataforma inferior, un equipo de personas tendrá la función de dejar la superficie externa de la losa con un acabado conforme a las Especificaciones Técnicas (Figura C.8).
- El curado se realizará utilizando un sistema de aspersión, inmediatamente que comience el fraguado del concreto.

Durante las operaciones de hormigonado de la primera parte de la cara de la presa, las actividades de relleno y compactación mantendrán su avance en los sectores posteriores R1B y R3, dejando al frente de aguas arriba el área suficiente (franja longitudinal de 40m de ancho) para que se ubiquen los equipos y materiales necesarios para los trabajos de hormigón de la cara.

Terminada la fase de hormigonado de la losa inferior del pantalla de hormigón (hasta cota 695,00), se procede a la terminación de instalación de los instrumentos de la cara y de los diferentes tipos de juntas entre losas y juntas perimetrales. Desmontadas las instalaciones correspondientes, se retoma y prioriza el avance del bordillo y el relleno de los filtros 2B, 3A, y del material 3B en el sector hasta alcanzar con el relleno la cota 750,00; en este nivel se ubica la segunda junta de construcción para el hormigonado de la cara.

En el nivel 750,00 la sección transversal de la presa se reduce a aproximadamente 40 m, por lo que mientras se realiza la siguiente fase del hormigonado de las losas de la cara de la presa, las tareas de relleno no pueden continuarse al disponer apenas del espacio necesario para ubicar las instalaciones y accesos para los equipos de hormigonado. Esto permite que los equipos de carga, transporte y tendido de material puedan acometer la colocación del material 1A y 1B sobre la cara de la presa, conforme lo prevé el proyecto.

Concluida la segunda fase de hormigonado de la cara, se procederá a rellenar el último tramo de la presa, etapa de relleno R4. La restricción de espacio solo permite el trabajo de un solo equipo de tendido y compactado, por lo que la producción en esta fase será limitada. Esta fase termina en el nivel 751,50, cota en la que se construirá el muro parapeto.

La última fase de hormigonado de la cara se realizará mediante vaciado tradicional, con formaletas, debido a su longitud de aproximadamente 12m y a la imposibilidad de vaciar utilizando los winches. La actividad de hormigonado se termina con la construcción del muro

parapeto, la conformación del relleno y el camino en la coronación de la presa. Contemporáneamente se procederá al sellado de las juntas y las terminaciones de las inyecciones de la pantalla.

### C.3. Comentarios sobre Estrategia Constructiva

Presentados los antecedentes dispuestos por el contratista, se procede a analizar los métodos constructivos presentados en la oferta técnica por Astaldi. Cabe destacar, que la oferta fue presentada el año 2015, por lo que, la estrategia incorpora técnicas de construcción recientes.

#### Rellenos de enrocado

Respecto a las fracturas observadas en presas de gran altura, que se deben a la diferencia entre los módulos de elasticidad de los rellenos de enrocado aguas arriba y aguas abajo, se evidenció una mala práctica en la presa Tianshengqiao-1 al disponer los rellenos de aguas arriba como prioridad y dejando un desnivel de hasta 123 m con los rellenos de agua abajo, con fines de retener agua en la “flood season”. Esto causó una diferencia excesiva entre los asentamientos de ambos rellenos (Ma y Chi, 2016). Por lo tanto, según Ma y Chi (2016) no se permite una secuencia de relleno que genere una distribución “lado aguas arriba alto y lado aguas abajo bajo”, pero si se podría adoptar “lado aguas abajo alto y lado aguas arriba bajo” para mitigar la influencia adversa en la deformación por tracción de la losa de hormigón. En cuanto a la aplicación de agua  $300 L/m^3$  corresponde a una cifra acorde a las experiencias de otras presas, siendo aceptable valores desde  $200 L/m^3$ .

Respecto a este punto, se observa que la secuencia de relleno presentada por Astaldi (Figura C.1) es acorde a lo planteado según Ma y Chi, maximizando así la seguridad del proceso constructivo.

Se recomienda también una medida de preasentamiento, previo a la construcción de la losa frontal, para que la deformación del enrocado no genere grietas en la misma. Para esto se recomienda iniciar la construcción de la losa cuando el asentamiento es inferior a 5 mm/mes y con una diferencia de 20 m entre el relleno y la elevación superior de la losa frontal de la etapa anterior (Ma y Chi, 2016). Respecto a esto último, Alvarado (2020) señala que “según la experiencia puede tomar de 6 a 9 meses después de la construcción del cuerpo de la presa del enrocado por etapas”.

En cuanto al espesor y compactación de las capas de enrocado, el diseño de Punilla utiliza 0,6 m para el relleno 3B y 0,9 m para el relleno 3C, con 5 pasadas de rodillo liso vibratorio ( $> 5$  ton/m). Lo que es concordante con la experiencia de la presa Reventazón (130 m, Costa Rica) que utiliza gravas fluviales y conglomerados similares a los de Punilla.

Finalmente, se recomienda que la zona superior de la presa (30% de H) sea compactada también con espesores de 60 cm para garantizar mejor estabilidad durante la presencia de un sismo fuerte con el embalse lleno.

### **Losa de hormigón**

Respecto al método constructivo de la losa de hormigón, el diseño de la presa Dudhkoshi (265 m, Nepal) presentado en la “International Water Power and Dam Construction” el año 2020, da cuenta de las mismas técnicas empleadas, aplicando encofrados deslizantes de acero, y que dieron buenos resultados en las presas Chaglla CFRD (211 m, Perú) e Ilisu CFRD (130 m, Turquía), en los años 2015 y 2017, respectivamente. Esto da cuenta de que la estrategia constructiva no ha cambiado en gran manera desde el año 2015, cuando es presentada la estrategia de trabajo por Astaldi y Lombardi en el proceso de Licitación.

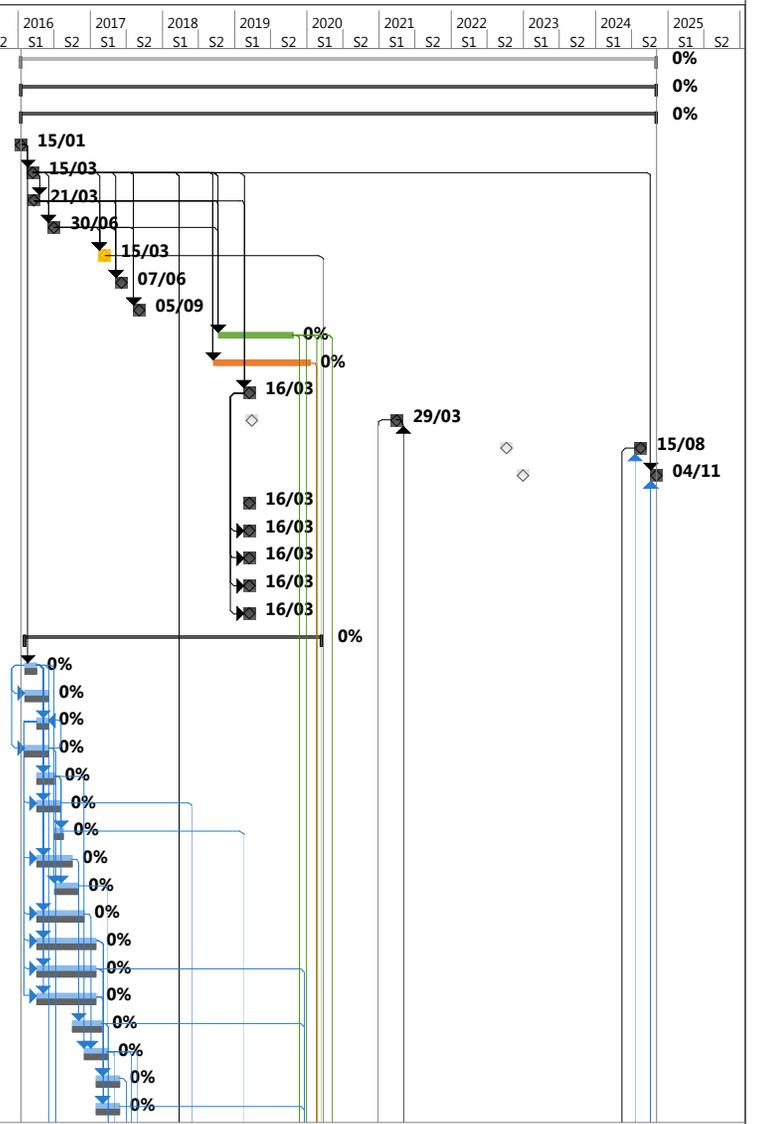
Es importante destacar que para la realización de la cortina de inyecciones, se empleará el método GIN, el cual fue desarrollado en 1993 por ingenieros de la empresa Lombardi S.A.

## Anexo D

### Programa modificado con impactos en la planificación propuesta

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
0		<b>Proyecto Punilla</b>	<b>ie 15/01/16</b>	<b>in 04/11/24</b>	<b>vie 15/01/16</b>																				0%
1		<b>Hitos</b>	<b>vie 15/01/16</b>	<b>lun 04/11/24</b>	<b>vie 15/01/16</b>																				0%
2		<b>Obras Civiles</b>	<b>vie 15/01/16</b>	<b>lun 04/11/24</b>	<b>vie 15/01/16</b>																				0%
3		Adjudicación	vie 15/01/16	vie 15/01/16	vie 15/01/16																				
4		Inicio Concesión - Publicación en el Diario Oficial	mar 15/03/16	mar 15/03/16	mar 15/03/16																				
5		Firma de Contrato con Concesionaria	lun 21/03/16	lun 21/03/16	lun 21/03/16																				
6		Entrega Terreno Area de Obras Ppales. - Zona A	jue 30/06/16	jue 30/06/16	jue 30/06/16																				
7		Expropiaciones Areas de Caminos - TRAMO C1	mié 15/03/17	mié 15/03/17	mié 15/03/17																				
8		Expropiaciones Areas de Caminos - TRAMO B	mié 07/06/17	mié 07/06/17	mié 07/06/17																				
9		Expropiaciones Areas de Caminos - TRAMO C2	mar 05/09/17	mar 05/09/17	mar 05/09/17																				
10		RCA Aprobada L.A.T. - (Tramite MOP)	mié 10/10/18	mar 22/10/19	jue 15/03/18																				
11		Expropiaciones Areas de Caminos - TRAMO A	sáb 15/09/18	mié 15/01/20	sáb 15/09/18																				
12		Pago Anticipo por Cliente	sáb 16/03/19	sáb 16/03/19	sáb 16/03/19																				
13		Desvio del Rio	lun 29/03/21	lun 29/03/21	jue 28/03/19																				
14		GENERACION COMERCIAL	jue 15/08/24	jue 15/08/24	vie 07/10/22																				
15		FIN OBRAS CIVILES - Habilitacion Camino sobre la Presa	lun 04/11/24	lun 04/11/24	jue 29/12/22																				
16		<b>Obras Electromecánicas</b>	<b>sáb 16/03/19</b>	<b>sáb 16/03/19</b>	<b>sáb 16/03/19</b>																				
17		Inicio Montaje Puertas Radiales Vertedero	sáb 16/03/19	sáb 16/03/19	sáb 16/03/19																				
18		Inicio Montajes en Subestacion	sáb 16/03/19	sáb 16/03/19	sáb 16/03/19																				
19		Inicio Montaje Unidad N° 1	sáb 16/03/19	sáb 16/03/19	sáb 16/03/19																				
20		Inicio Montaje Unidad N° 2	sáb 16/03/19	sáb 16/03/19	sáb 16/03/19																				
21		<b>Ingeniería de Detalle</b>	<b>jue 04/02/16</b>	<b>sáb 14/03/20</b>	<b>jue 04/02/16</b>																				0%
22		CRITERIOS DE DISEÑO	jue 04/02/16	om 03/04/16	jue 04/02/16																				0%
23		LAYOUT PROYECTO	jue 04/02/16	jue 02/06/16	jue 04/02/16																				0%
24		INGENIERIA INSTALACION DE FAENAS PRELIMINAR (MOVILIZACION)	lun 04/04/16	jue 02/06/16	lun 04/04/16																				0%
25		TOPOGRAFIA Y MECANICA DE SUELOS	jue 04/02/16	jue 02/06/16	jue 04/02/16																				0%
26		INGENIERIA TUNELES DE DESVIO	lun 04/04/16	sáb 02/07/16	lun 04/04/16																				0%
27		INGENIERIA INST. DE FAENA Y CAMPAMENTO	lun 04/04/16	lun 01/08/16	lun 04/04/16																				0%
28		APROBACION INGENIERIA TUNELES DE DESVIO	om 03/07/16	mar 16/08/16	dom 03/07/16																				0%
29		INGENIERIA CIVIL VERTEDERO Y RAPIDO	lun 04/04/16	vie 30/09/16	lun 04/04/16																				0%
30		INGENIERIA QUEBRADA CASA DE PIEDRA	om 03/07/16	om 30/10/16	dom 03/07/16																				0%
31		INGENIERIA CIVIL CASA DE MAQUINAS	lun 04/04/16	mar 29/11/16	lun 04/04/16																				0%
32		INGENIERIA PRESA	lun 04/04/16	sáb 28/01/17	lun 04/04/16																				0%
33		INGENIERIA E&M CASA DE MAQUINAS	lun 04/04/16	sáb 28/01/17	lun 04/04/16																				0%
34		INGENIERIA PENSTOCK	lun 04/04/16	sáb 28/01/17	lun 04/04/16																				0%
35		INGENIERIA E&M VERTEDERO	sáb 01/10/16	lun 27/02/17	sáb 01/10/16																				0%
36		INGENIERIA CIVIL CAVERNA DE VALVULAS	mié 30/11/16	mié 29/03/17	mié 30/11/16																				0%
37		INGENIERIA CIVIL CASA DE VALVULAS DE ENTREGA RIEGO	om 29/01/17	om 28/05/17	dom 29/01/17																				0%
38		INSTRUMENTACION DE LA PRESA	om 29/01/17	om 28/05/17	dom 29/01/17																				0%



Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
39		INGENIERIA TUNEL DE TUBERIAS	jue 30/03/17	jue 27/07/17	jue 30/03/17																				
40		INGENIERIA E&M CASA DE VALVULAS DE ENTREGA RIEGO	mar 28/02/17	jue 27/07/17	mar 28/02/17																				
41		INGENIERIA E&M CAVERNA DE VALVULAS	jue 30/03/17	sáb 26/08/17	jue 30/03/17																				
42		INGENIERIA CAMINOS	vie 03/06/16	om 10/09/17	vie 03/06/16																				
43		INGENIERIA CIVIL SUBESTACION	lun 29/05/17	lun 25/09/17	lun 29/05/17																				
44		INGENIERIA CIVIL DESCARGA DE FONDO	vie 28/07/17	vie 24/11/17	vie 28/07/17																				
45		INGENIERIA E&M DESCARGA DE FONDO	om 27/08/17	om 24/12/17	dom 27/08/17																				
46		INGENIERIA E&M SUBESTACION	vie 28/07/17	om 24/12/17	vie 28/07/17																				
47		INGENIERIA PUENTES	lun 12/12/16	lun 15/01/18	lun 12/12/16																				
48		Última Presentación de Astaldi	mié 17/04/19	mié 17/04/19	NOD																				
49		Discrepancia Panel Técnico de Concesiones	jue 20/06/19	om 18/08/19	NOD																				
50		Término del diseño de Detalles	lun 19/08/19	mié 15/01/20	NOD																				
51		FIN INGENIERIA	mié 15/01/20	mié 15/01/20	lun 15/01/18																				
52		APROBACION INGENIERIA I.F.	jue 16/01/20	sáb 14/03/20	mar 16/01/18																				
53		PROYECTO APROBADO PARA CONSTRUCCION	sáb 14/03/20	sáb 14/03/20	jue 15/03/18																				
54		<b>Permisos</b>	lun 02/01/17	sáb 24/03/18	lun 02/01/17																				
55		PERMISOS MUNICIPALES OBRA PERMANENTE	lun 02/01/17	jue 02/03/17	lun 02/01/17																				
56		PERMISOS MINSAL (Ministerio de Salud)	lun 02/01/17	jue 02/03/17	lun 02/01/17																				
57		PERMISOS SEC (Secretaria de Electricidad y Combustible)	lun 02/01/17	jue 02/03/17	lun 02/01/17																				
58		PERMISOS DT (Direccion del Trabajo)	lun 02/01/17	jue 02/03/17	lun 02/01/17																				
59		PERMISOS SEIA ( Empreritos y Escombreras)	lun 02/01/17	jue 02/03/17	lun 02/01/17																				
60		PERMISOS PRELIMINARES PARA MOVILIZACION	lun 02/01/17	jue 02/03/17	lun 02/01/17																				
61		Otros Permisos - Radiocomunicaciones - Varios	lun 02/01/17	lun 01/05/17	lun 02/01/17																				
62		FIN PERMISOS REQUERIDOS PARA INICIO DE OBRA	mar 02/05/17	mar 02/05/17	mar 02/05/17																				
63		PERMISOS MUNICIPALES INST. DE FAENA Y CAMPAMENTO	mié 24/01/18	sáb 24/03/18	mié 24/01/18																				
64		<b>Programa de Construcción</b>	om 25/03/18	mar 22/10/24	sáb 04/03/17																				
65		<b>Instalación de Faena y Movilización</b>	om 25/03/18	mar 22/10/19	sáb 04/03/17																				
66		Instalaciones Preliminares de Movilizacion	jue 04/10/18	om 02/12/18	sáb 04/03/17																				
67		Camino de Servicio Plantas (5) - M.Der. Ag. Arriba	lun 03/12/18	mar 01/01/19	mié 03/05/17																				
68		Camino y Descapote Cantera	mié 02/01/19	jue 31/01/19	vie 02/06/17																				
69		Equipos y Personal	om 11/08/19	mar 22/10/19	mar 02/01/18																				
70		Instalaciones de Faena, Oficinas, Depositos, etc.	om 25/03/18	lun 04/02/19	vie 12/05/17																				
71		Test Plantas de Aridos	mar 22/10/19	mar 22/10/19	sáb 24/03/18																				
72		Test Plantas de Hormigon	mar 22/10/19	mar 22/10/19	sáb 24/03/18																				
73		Montaje Planta de Hormigon y Laboratorio	om 11/08/19	sáb 19/10/19	dom 14/01/18																				
74		Montaje Planta de Aridos	om 11/08/19	sáb 19/10/19	dom 14/01/18																				
75		Instalacion Campamento	om 25/03/18	lun 04/02/19	vie 12/05/17																				
76		FIN INSTALACIONES	mar 22/10/19	mar 22/10/19	sáb 24/03/18																				
77		<b>Caminos y puentes</b>	mié 23/10/19	om 18/12/22	dom 25/03/18																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
78		<b>TRAMO B - RUTA 31 L= 5.370 Km</b>	<b>mié 23/10/19</b>	<b>om 30/08/20</b>	<b>dom 25/03/18</b>																				
79		REUBICACION LINEA ELECTRICA COPELEC	mié 23/10/19	lun 20/01/20	jue 24/05/18																				
80		EXCAVACIONES Y FORTIFICACION TALUDES	mié 23/10/19	lun 17/08/20	dom 25/03/18																				
81		CAJA Y ESTABILIZADO GRANULAR	mié 20/05/20	lun 17/08/20	mar 20/11/18																				
82		OBRAS DE ARTE - DRENAJE	lun 20/04/20	lun 17/08/20	dom 21/10/18																				
83		SEÑALIZACION Y TERMINACIONES	mié 20/05/20	om 30/08/20	vie 04/01/19																				
84		<b>PUENTES EN RUTA 31</b>	<b>jue 16/01/20</b>	<b>áb 13/02/21</b>	<b>mar 16/10/18</b>																				
85		PUENTE BULLILEO	jue 16/01/20	lun 13/07/20	mar 16/10/18																				
86		ACCESO Y RUTA NUEVA	jue 16/01/20	lun 13/07/20	jue 15/11/18																				
87		ESTERO LARA	nar 18/08/20	sáb 13/02/21	lun 18/02/19																				
88		ACCESO Y RUTA NUEVA	nar 18/08/20	sáb 13/02/21	mié 20/03/19																				
89		EL PRINCIPAL	nar 14/07/20	sáb 09/01/21	dom 14/04/19																				
90		<b>CAMINO DE BORDE - TRAMOS C1 + C2 L= 20.371 Km</b>	<b>nar 24/03/20</b>	<b>om 18/12/22</b>	<b>lun 25/03/19</b>																				
91		EXCAVACIONES Y FORTIFICACION TALUDES	nar 24/03/20	om 18/12/22	lun 25/03/19																				
92		CAJA Y ESTABILIZADO GRANULAR	nar 24/03/20	om 18/12/22	vie 24/05/19																				
93		OBRAS DE ARTE	nar 24/03/20	om 18/12/22	mar 23/07/19																				
94		SEÑALIZACION Y TERMINACIONES	om 05/09/21	om 18/12/22	sáb 03/04/21																				
95		<b>PUENTES TRAMOS C1 Y C2</b>	<b>om 14/02/21</b>	<b>áb 05/11/22</b>	<b>mar 24/03/20</b>																				
96		PUENTE CANAL CGE	om 14/02/21	mié 10/11/21	mar 24/03/20																				
97		VIADUCTO PUNILLA	om 14/02/21	mié 10/11/21	lun 22/06/20																				
98		PASARELA EL INGLES	lun 27/09/21	vie 25/03/22	mié 04/11/20																				
99		PUENTE EL GATO	mié 09/02/22	sáb 05/11/22	vie 19/03/21																				
100		ÑUBLE #2	lun 27/09/21	lun 26/09/22	mar 02/02/21																				
101		<b>QUEBRADA CASA DE PIEDRA</b>	<b>vie 01/02/19</b>	<b>jue 18/06/20</b>	<b>dom 02/07/17</b>																				
102		CAMINO DE ACCESO (3) POR TRAZA RUTA 31 NUEVA	vie 01/02/19	vie 31/05/19	dom 02/07/17																				
103		EXCAVACION	mié 23/10/19	sáb 21/12/19	dom 15/04/18																				
104		OBRA DE CABECERA	om 22/12/19	mié 19/02/20	jue 14/06/18																				
105		CANAL DESCARGA	jue 20/02/20	jue 18/06/20	lun 13/08/18																				
106		PUENTE-CULVERT A CASA DE MAQUINAS	jue 20/02/20	lun 08/06/20	mié 12/09/18																				
107		OBRA DE RESTITUCION QUEBRADA	nar 05/05/20	jue 18/06/20	sáb 01/12/18																				
108		<b>TUNELES DE DESVIO</b>	<b>lun 03/12/18</b>	<b>áb 08/04/23</b>	<b>mié 03/05/17</b>																				
109		<b>ATAGUIAS AGUAS ARRIBA</b>	<b>jue 20/02/20</b>	<b>nar 06/04/21</b>	<b>mié 12/09/18</b>																				
110		ESCARPE Y SELLO DE FUNDACION MARGEN DERECHA	jue 20/02/20	nar 10/03/20	mié 12/09/18																				
111		RELLENO MATERIAL TIPO 3C - 3B M. DERECHA	mié 11/03/20	sáb 09/05/20	mar 02/10/18																				
112		ESCARPE Y SELLO DE FUNDACION M. IZQUIERDA	om 10/05/20	vie 29/05/20	sáb 01/12/18																				
113		RELLENO MATERIAL TIPO 3B - 3A M. IZQUIERDA	sáb 30/05/20	om 28/06/20	vie 21/12/18																				
114		CIERRE DE LA BRECHA	lun 29/06/20	nar 07/07/20	jue 21/03/19																				
115		DESVIO DEL RIO	lun 29/03/21	lun 29/03/21	vie 29/03/19																				
116		IMPERMEABILIZACION AGUAS ARRIBA	nar 30/03/21	nar 06/04/21	sáb 30/03/19																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
117		<b>TUNEL 1 - L= 958 m</b>	lun 03/12/18	vie 27/12/19	mié 03/05/17																				
118		CAMINO DE ACCESO (2) Y BADEN PROVISORIO AG. ABAJO	lun 03/12/18	vie 15/02/19	mié 03/05/17																				
119		CAMINO DE ACCESO (1) Y BADEN PROVISORIO AG. ARRIBA	lun 03/12/18	sáb 02/03/19	mié 03/05/17																				
120		PREATAGUIA DE PROTECCION PORTALES M.IZQ. A.ARRIBA	om 03/03/19	mié 27/03/19	mar 01/08/17																				
121		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO PORTAL DE ENTRADA	jue 28/03/19	om 26/05/19	sáb 26/08/17																				
122		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO PORTAL DE SALIDA	sáb 16/02/19	lun 01/04/19	jue 21/09/17																				
123		INSTALACION SERVICION DE OBRA PORTAL DE ENTRADA	lun 27/05/19	lun 10/06/19	mié 25/10/17																				
124		INSTALACION SERVICIOS DE OBRA PORTAL DE SALIDA	nar 02/04/19	nar 16/04/19	dom 05/11/17																				
125		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO TUNEL - FRENTE 2	mié 17/04/19	sáb 31/08/19	vie 16/03/18																				
126		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO TUNEL - FRENTE 1	mié 17/04/19	sáb 31/08/19	vie 16/03/18																				
127		HORMIGON PORTAL DE SALIDA	nar 11/06/19	lun 01/07/19	mar 31/07/18																				
128		HORMIGON RADIER H25 e= 0.30 m.	nar 11/06/19	mié 10/07/19	mar 31/07/18																				
129		INSTALACION REVESTIMIENTO METALICO (FONDO Y LATERALES)	jue 11/07/19	vie 09/08/19	jue 30/08/18																				
130		HORMIGON PORTAL DE ENTRADA	sáb 10/08/19	sáb 07/12/19	sáb 29/09/18																				
131		GUIAS Y H° II FASE RECATAS COMPUERTA PORTAL ENTRADA	om 08/12/19	mié 25/12/19	dom 27/01/19																				
132		PRUEBA COMP UERTAS PORTAL DE ENTRADA - GALIBO	jue 26/12/19	vie 27/12/19	jue 14/02/19																				
133		<b>CHIMENEA DE TOMA</b>	lun 18/03/19	sáb 08/04/23	jue 04/01/18																				
134		EXCAVACION Y FORTIFICACION PIQUE CHIME NEA	lun 18/03/19	mié 01/05/19	jue 04/01/18																				
135		HORMIGON OBRA DE TOMA	nar 24/01/23	sáb 08/04/23	mar 23/11/21																				
136		REJAS EN OBRA DE TOMA	om 06/02/22	lun 07/03/22	dom 06/02/22																				
137		<b>TUNEL 2 - L= 1.122 m</b>	nar 02/04/19	sáb 27/03/21	mié 25/10/17																				
138		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO PORTAL DE SALIDA	nar 02/04/19	jue 16/05/19	dom 05/11/17																				
139		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO PORTAL DE ENTRADA	lun 27/05/19	jue 25/07/19	mié 25/10/17																				
140		INSTALACION SERVICION DE OBRA PORTAL DE SALIDA	vie 17/05/19	vie 31/05/19	mié 20/12/17																				
141		INSTALACION SERVICION DE OBRA PORTAL DE ENTRADA	vie 26/07/19	vie 09/08/19	dom 24/12/17																				
142		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO TUNEL - FRENTE 1	om 15/03/20	vie 21/08/20	vie 16/03/18																				
143		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO TUNEL - FRENTE 2	om 15/03/20	vie 21/08/20	vie 16/03/18																				
144		HORMIGON PORTAL DE SALIDA	vie 17/05/19	jue 06/06/19	jue 23/08/18																				
145		HORMIGON RADIER H25 e= 0.30m	sáb 22/08/20	lun 05/10/20	jue 23/08/18																				
146		INSTALACION REVESTIMIENTO METALICO (FONDO Y LATERALES)	nar 06/10/20	mié 04/11/20	dom 07/10/18																				
147		HORMIGON PORTAL DE ENTRADA	jue 05/11/20	jue 04/03/21	mar 06/11/18																				
148		GUIAS Y H° II FASE RECATAS COMPUERTA PORTAL ENTRADA	vie 05/03/21	jue 25/03/21	mié 06/03/19																				
149		PRUEBA COMP UERTAS PORTAL DE ENTRADA - GALIBO	vie 26/03/21	sáb 27/03/21	mié 27/03/19																				
150		<b>ATAGUIA AGUAS ABAJO</b>	sáb 16/02/19	lun 29/03/21	lun 17/07/17																				
151		PREATAGUIA AGUAS ABAJO M. IZQUIERDA (CASA DE MAQUINAS)	sáb 16/02/19	jue 07/03/19	lun 17/07/17																				
152		ESCARPE Y SELLO DE FUNDACION MARGEN DERECHA	om 10/05/20	sáb 23/05/20	sáb 01/12/18																				
153		RELLENO MATERIAL TIPO 3C - 3A M. DERECHA	om 24/05/20	jue 04/06/20	sáb 15/12/18																				
154		ESCARPE Y SELLO DE FUNDACION M. IZQUIERDA	vie 05/06/20	jue 18/06/20	jue 27/12/18																				
155		RELLENO MATERIAL TIPO 3B - 3A M. IZQUIERDA	vie 19/06/20	jue 09/07/20	jue 10/01/19																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
156		CIERRE DE LA BRECHA	vie 10/07/20	om 19/07/20	mar 19/03/19																				
157		DESVIO DEL RIO	lun 29/03/21	lun 29/03/21	jue 28/03/19																				
158		<b>PRESA</b>	<b>vie 08/03/19</b>	<b>sáb 03/08/24</b>	<b>dom 06/08/17</b>																				
159		<b>MOVIMIENTO DE SUELOS</b>	<b>vie 08/03/19</b>	<b>sáb 13/05/23</b>	<b>dom 06/08/17</b>																				
160		<b>EXCAVACIONES</b>	<b>vie 08/03/19</b>	<b>mar 15/06/21</b>	<b>dom 06/08/17</b>																				
161		CAMINO DE ACCESO (7) INFERIOR - MARGEN IZQUIERDA	vie 08/03/19	sáb 06/04/19	dom 06/08/17																				
162		CAMINO DE ACCESO (4) MARGEN DERECHA AG. ARRIBA	jue 28/03/19	om 26/05/19	sáb 26/08/17																				
163		LIMPIEZA Y DESPEJE AREA - QUEBRADAS	lun 27/05/19	lun 23/09/19	mié 25/10/17																				
164		EXCAVACION TALUDES Y CUENCO PREVIO AL DESVIO	mié 23/10/19	sáb 21/12/19	dom 08/07/18																				
165		PERFILADO Y SOSTENIMIENTO - SELLO PLINTO FASE 1 (Der + Izq)	om 22/12/19	jue 18/06/20	jue 06/09/18																				
166		EXCAVACION MASIVA - LIMPIEZA FINAL CUENCO	mar 30/03/21	vie 16/04/21	vie 29/03/19																				
167		EXCAVACION FUNDACION PLINTO LECHO DEL RIO	sáb 17/04/21	mar 15/06/21	mar 16/04/19																				
168		PERFILADO Y SOSTENIMIENTO - SELLO PLINTO FASE 2 (Der + Izq)	vie 19/06/20	mar 15/12/20	mar 05/03/19																				
169		<b>RELLENOS</b>	<b>vie 05/06/20</b>	<b>sáb 13/05/23</b>	<b>jue 27/12/18</b>																				
170		<b>ETAPA 1A</b>	<b>vie 05/06/20</b>	<b>mié 07/07/21</b>	<b>jue 27/12/18</b>																				
171		MATERIAL 3 C - 1ra. Fase	vie 05/06/20	mar 18/08/20	jue 27/12/18																				
172		MATERIAL 3 D - 1ra. Fase	vie 05/06/20	mar 18/08/20	dom 30/12/18																				
173		MATERIAL 3 C - 2da. Fase	mar 30/03/21	mié 07/07/21	mar 16/04/19																				
174		MATERIAL 3 D - 2da. Fase	mar 30/03/21	mié 07/07/21	vie 19/04/19																				
175		<b>ETAPA 1B</b>	<b>mar 30/03/21</b>	<b>om 23/01/22</b>	<b>vie 29/03/19</b>																				
176		MATERIAL 3 C	mar 30/03/21	om 23/01/22	vie 29/03/19																				
177		MATERIAL 3 D	mar 30/03/21	sáb 04/12/21	sáb 18/05/19																				
178		MATERIAL 3 B	mar 30/03/21	om 23/01/22	mié 03/04/19																				
179		<b>ETAPA 2A - LECHO DEL RIO</b>	<b>mar 03/08/21</b>	<b>mar 21/09/21</b>	<b>dom 18/08/19</b>																				
180		FILTROS	mar 03/08/21	mar 21/09/21	dom 18/08/19																				
181		MATERIAL 3A	mar 03/08/21	mar 21/09/21	sáb 24/08/19																				
182		MATERIAL 3 B	mar 03/08/21	mar 21/09/21	vie 30/08/19																				
183		BORDILLO EXTRUIDO	mar 03/08/21	mar 21/09/21	vie 30/08/19																				
184		<b>ETAPA 2B - J.C. INTERMEDIA + 20 m</b>	<b>lun 24/01/22</b>	<b>sáb 06/08/22</b>	<b>jue 23/01/20</b>																				
185		MATERIAL 3 B	lun 24/01/22	jue 07/07/22	jue 23/01/20																				
186		MATERIAL 3A	lun 24/01/22	jue 07/07/22	mié 29/01/20																				
187		FILTROS	lun 24/01/22	jue 07/07/22	mar 04/02/20																				
188		BORDILLO EXTRUIDO	lun 24/01/22	jue 07/07/22	mar 04/02/20																				
189		PLATAFORMA INFERIOR SERVICIO HORMIGONES LOSAS + 695.00	vie 08/07/22	sáb 06/08/22	sáb 18/07/20																				
190		<b>ETAPA 3</b>	<b>om 07/08/22</b>	<b>mar 07/02/23</b>	<b>vie 16/10/20</b>																				
191		MATERIAL 3 C	om 07/08/22	om 08/01/23	vie 16/10/20																				
192		MATERIAL 3 B	om 07/08/22	om 08/01/23	jue 22/10/20																				
193		MATERIAL 3 D	om 07/08/22	om 08/01/23	mié 28/10/20																				
194		MATERIAL 3 A	om 07/08/22	om 08/01/23	mar 03/11/20																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

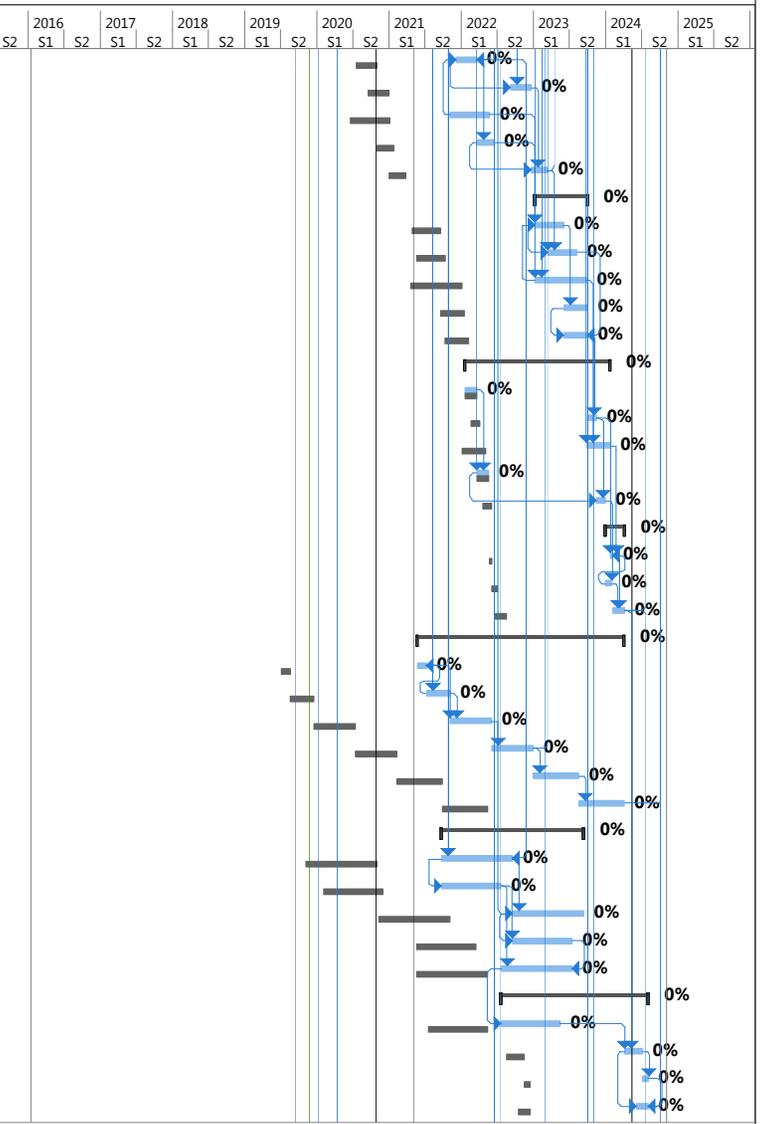
Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
195		FILTROS	om 07/08/22	om 08/01/23	lun 09/11/20																				
196		BORDILLO EXTRUIDO	om 07/08/22	om 08/01/23	dom 15/11/20																				
197		PLATAFORMA SUPERIOR SERVICIOS HORMIGONES LOSAS + 750.00	lun 09/01/23	nar 07/02/23	lun 19/04/21																				
198		<b>ETAPA 4</b>	<b>lun 09/01/23</b>	<b>jue 09/03/23</b>	<b>lun 11/10/21</b>																				
199		MATERIAL 3 A	lun 09/01/23	jue 09/03/23	lun 11/10/21																				
200		MATERIAL 3 B	lun 09/01/23	jue 09/03/23	dom 17/10/21																				
201		MATERIAL 3 D	lun 09/01/23	jue 09/03/23	sáb 23/10/21																				
202		FILTROS	lun 09/01/23	jue 09/03/23	vie 29/10/21																				
203		BORDILLO EXTRUIDO	lun 09/01/23	jue 09/03/23	jue 04/11/21																				
204		<b>ETAPA 5 - MATERIAL 1B A PIE DE PRESA</b>	<b>nié 15/03/23</b>	<b>sáb 13/05/23</b>	<b>jue 25/03/21</b>																				
205		RETIRO BOMBEO Y LIMPIEZA DEL AREA	nié 15/03/23	jue 13/04/23	jue 25/03/21																				
206		RELLENO MATERIAL 1B +1A	vie 14/04/23	sáb 13/05/23	sáb 24/04/21																				
207		<b>PLINTOS PRESA</b>	<b>om 08/12/19</b>	<b>nié 17/08/22</b>	<b>sáb 14/07/18</b>																				
208		CAMINO DE ACCESO (9) SUPERIOR - MARGEN IZQUIERDA	om 08/12/19	vie 06/03/20	sáb 14/07/18																				
209		HORMIGON DE RELLENO/NIVELACION PLINTO LECHO DEL RIO	nié 16/06/21	sáb 03/07/21	sáb 15/06/19																				
210		ANCLAJES PLINTO DEL LECHO	vie 04/06/21	sáb 03/07/21	mié 19/06/19																				
211		HORMIGONADO PLINTO LECHO DEL RIO	om 04/07/21	lun 02/08/21	vie 19/07/19																				
212		HORMIGON DE NIVELACION PLINTO FASE 1 (Der + lzq)	nar 03/08/21	vie 01/10/21	dom 18/08/19																				
213		HORMIGON DE NIVELACION PLINTO FASE 2 (Der + lzq)	nié 16/12/20	sáb 13/02/21	dom 01/09/19																				
214		ANCLAJES PLINTO FASE 1	sáb 02/10/21	nié 17/08/22	jue 17/10/19																				
215		ANCLAJES PLINTO FASE 2	om 14/02/21	jue 30/12/21	jue 31/10/19																				
216		HORMIGONADO DESLIZADO PLINTO FASE 1 (Der + lzq)	sáb 02/10/21	nié 17/08/22	sáb 16/11/19																				
217		HORMIGONADO DESLIZADO PLINTO FASE 2 (Der + lzq)	om 14/02/21	jue 30/12/21	sáb 30/11/19																				
218		<b>LOSAS DE ARRANQUE</b>	<b>nié 22/09/21</b>	<b>om 04/12/22</b>	<b>sáb 19/10/19</b>																				
219		<b>FASE 1</b>	<b>nié 22/09/21</b>	<b>om 20/03/22</b>	<b>sáb 19/10/19</b>																				
220		JUNTAS DE COBRE ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS INFERIORE S	nié 22/09/21	lun 20/12/21	sáb 19/10/19																				
221		HORMIGONADO LOSAS INFERIORES (10)	nié 22/09/21	om 05/12/21	mar 03/12/19																				
222		HORMIGONADO LOSAS DERECHAS (6)	lun 06/12/21	lun 24/01/22	dom 16/02/20																				
223		JUNTAS DE COBRE ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS DERECHAS	nar 21/12/21	om 20/03/22	vie 17/01/20																				
224		HORMIGONADO LOSAS IZQUIERDAS (2)	nar 25/01/22	lun 07/02/22	sáb 16/05/20																				
225		JUNTAS DE COBRE ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS IZQUIERDAS	nar 21/12/21	om 20/03/22	jue 16/04/20																				
226		<b>FASE 2</b>	<b>om 07/08/22</b>	<b>om 04/12/22</b>	<b>dom 20/12/20</b>																				
227		JUNTAS DE COBRE ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS DERECHAS	om 07/08/22	nié 05/10/22	dom 20/12/20																				
228		HORMIGONADO LOSAS DERECHAS (5)	om 07/08/22	jue 15/09/22	mar 19/01/21																				
229		JUNTAS DE COBRE ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS IZQUIERDAS	jue 06/10/22	om 04/12/22	jue 18/02/21																				
230		HORMIGONADO LOSAS IZQUIERDAS (8)	jue 06/10/22	om 04/12/22	sáb 20/03/21																				
231		<b>LOSAS CARA DE HORMIGON</b>	<b>jue 04/11/21</b>	<b>nar 23/01/24</b>	<b>jue 18/06/20</b>																				
232		<b>FASE 1 - LOSAS INFERIORES</b>	<b>jue 04/11/21</b>	<b>nar 14/03/23</b>	<b>jue 18/06/20</b>																				
233		INSTALACION LOGISTICA HORMIGONADO LOSAS COTA 695.00	om 07/08/22	lun 05/09/22	lun 17/08/20																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
234		ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS PILOTO	lun 06/12/21	om 20/03/22	sáb 18/07/20																				
235		HORMIGONADO LOSAS PILOTO	nar 06/09/22	lun 19/12/22	mié 16/09/20																				
236		COLOCACION DE JUNTA DE COBRE	jue 04/11/21	om 22/05/22	jue 18/06/20																				
237		ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS INTERMEDIAS	lun 21/03/22	lun 13/06/22	sáb 31/10/20																				
238		HORMIGONADO LOSAS INTERMEDIAS	nar 20/12/22	nar 14/03/23	mié 30/12/20																				
239		<b>FASE 2 - LOSAS INTERMEDIAS</b>	<b>lun 09/01/23</b>	<b>sáb 30/09/23</b>	<b>lun 19/04/21</b>																				
240		ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS PILOTO	lun 09/01/23	vie 02/06/23	lun 26/04/21																				
241		HORMIGONADO LOSAS PILOTO	mié 15/03/23	om 06/08/23	mié 19/05/21																				
242		COLOCACION DE JUNTA DE COBRE	lun 09/01/23	lun 25/09/23	lun 19/04/21																				
243		ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS INTERMEDIAS	sáb 03/06/23	sáb 30/09/23	sáb 18/09/21																				
244		HORMIGONADO LOSAS INTERMEDIAS	sáb 03/06/23	sáb 30/09/23	sáb 09/10/21																				
245		<b>FASE 3 - LOSAS SUPERIORES</b>	<b>mié 19/01/22</b>	<b>nar 23/01/24</b>	<b>mar 04/01/22</b>																				
246		ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS PILOTO	mié 19/01/22	sáb 19/03/22	mié 19/01/22																				
247		HORMIGONADO LOSAS PILOTO	om 01/10/23	nar 14/11/23	vie 18/02/22																				
248		COLOCACION DE JUNTA DE COBRE	nar 26/09/23	nar 23/01/24	mar 04/01/22																				
249		ENCOFRADO Y ARMADURA LOSAS INTERMEDIAS	om 20/03/22	mié 18/05/22	dom 20/03/22																				
250		HORMIGONADO LOSAS INTERMEDIAS	mié 15/11/23	vie 29/12/23	mar 19/04/22																				
251		<b>PARAPETO</b>	<b>sáb 30/12/23</b>	<b>vie 05/04/24</b>	<b>dom 22/05/22</b>																				
252		HORMIGON DE NIVELACION	mié 24/01/24	lun 05/02/24	dom 22/05/22																				
253		MONTAJE PREMOLDEADOS	sáb 30/12/23	om 28/01/24	vie 03/06/22																				
254		RELLENO CAJON PARAPETO	nar 06/02/24	vie 05/04/24	sáb 18/06/22																				
255		<b>INYECCIONES</b>	<b>om 23/05/21</b>	<b>nar 02/04/24</b>	<b>jue 04/07/19</b>																				
256		INSTALACION PLANTA DE LECHADA	om 23/05/21	jue 08/07/21	jue 04/07/19																				
257		INYECCIONES PLINTO LECHO DEL RIO	jue 08/07/21	jue 04/11/21	dom 18/08/19																				
258		INYECCIONES PLINTO MARGEN DERECHA - FASE 1	vie 05/11/21	jue 02/06/22	lun 16/12/19																				
259		INYECCIONES PLINTO MARGEN IZQUIERDA - FASE 1	vie 03/06/22	jue 29/12/22	lun 13/07/20																				
260		INYECCIONES PLINTO MARGEN DERECHA - FASE 2	vie 30/12/22	mié 16/08/23	lun 08/02/21																				
261		INYECCIONES PLINTO MARGEN IZQUIERDA - FASE 2	jue 17/08/23	nar 02/04/24	dom 26/09/21																				
262		<b>INSTRUMENTACION</b>	<b>mié 22/09/21</b>	<b>lun 11/09/23</b>	<b>mié 06/11/19</b>																				
263		FASE 1 - CANALIZACIONES	mié 22/09/21	vie 16/09/22	mié 06/11/19																				
264		FASE 1 - COLOCACION INSTRUMENTOS	mié 22/09/21	lun 18/07/22	mar 04/02/20																				
265		FASE 2 - CANALIZACIONES	sáb 17/09/22	lun 11/09/23	lun 09/11/20																				
266		FASE 2 - COLOCACION INSTRUMENTOS	sáb 17/09/22	vie 14/07/23	mié 19/05/21																				
267		CASETAS DE MEDICION	mié 20/07/22	vie 14/07/23	mié 19/05/21																				
268		<b>TERMINACIONES</b>	<b>mié 20/07/22</b>	<b>sáb 03/08/24</b>	<b>dom 18/07/21</b>																				
269		ESCALERAS PRESA AGUAS ABAJO	mié 20/07/22	lun 15/05/23	dom 18/07/21																				
270		CAMINO CORONAMIENTO	sáb 06/04/24	jue 04/07/24	mié 17/08/22																				
271		SEÑALIZACION Y DEFENSAS VIALES	vie 05/07/24	sáb 03/08/24	mar 15/11/22																				
272		ILUMINACION CORONAMIENTO Y ACCESOS	mié 05/06/24	sáb 03/08/24	dom 16/10/22																				



Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
273		<b>VERTEDERO</b>	sáb 10/08/19	sáb 20/05/23	vie 16/03/18																				
274		CAMINO DE SERVICIO (6) M.IZQ. - AG.ARRIBA	sáb 10/08/19	sáb 07/12/19	vie 16/03/18																				
275		CAMINO DE SERVICIO SUPERIOR (8) M.IZQ. - AG.ABAJO	sáb 07/03/20	jue 04/06/20	vie 12/10/18																				
276		<b>CANAL DE ENTRADA</b>	om 08/12/19	jue 10/02/22	sáb 14/07/18																				
277		LIMPIEZA Y DESPEJE DEL AREA	om 08/12/19	mié 05/02/20	sáb 14/07/18																				
278		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO TALUDES	vie 05/06/20	mar 01/12/20	jue 10/01/19																				
279		HORMIGON MUROS DE ALA	vie 08/10/21	lun 06/12/21	jue 14/05/20																				
280		RELLENO TRADOS MUROS	mar 28/12/21	jue 10/02/22	lun 03/08/20																				
281		<b>BLOQUE DE COMPUERTAS</b>	jue 06/02/20	lun 27/12/21	mié 12/09/18																				
282		LIMPIEZA Y DESPEJE DEL AREA	jue 06/02/20	mar 05/05/20	mié 12/09/18																				
283		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO TALUDES	mié 02/12/20	vie 30/04/21	mar 09/07/19																				
284		FUNDACIONES VERTEDERO (2 Bloques)	sáb 01/05/21	mié 09/06/21	vie 06/12/19																				
285		MUROS LATERALES Y PILAS (12 tg x 3 m x 4 u )	jue 10/06/21	jue 07/10/21	mié 15/01/20																				
286		MONTAJE VIGAS PREMOLDEADAS (0.75 x 1.10 x 12m) cant 12	vie 08/10/21	mié 13/10/21	jue 14/05/20																				
287		RELLENO BLOQUE DE COMPUERTAS	lun 09/08/21	sáb 06/11/21	dom 15/03/20																				
288		HORMIGON LOSA SUPERIOR COMPUERTAS	jue 14/10/21	sáb 27/11/21	mié 20/05/20																				
289		CRESTA EN II ETAPA	om 28/11/21	lun 27/12/21	sáb 04/07/20																				
290		TERMINACIONES PUENTE	om 28/11/21	lun 27/12/21	sáb 04/07/20																				
291		<b>RAPIDO DE DESCARA Y SALTO SKY</b>	mié 06/05/20	sáb 22/10/22	mar 11/12/18																				
292		LIMPIEZA Y DESPEJE DEL AREA	mié 06/05/20	sáb 04/07/20	mar 11/12/18																				
293		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO TALUDES	sáb 01/05/21	vie 26/11/21	vie 06/12/19																				
294		RELLENO RAPIDO DE DESCARGA	om 07/11/21	lun 14/02/22	sáb 13/06/20																				
295		BARRAS DE ANCLAJE	jue 28/10/21	jue 24/02/22	mié 03/06/20																				
296		LOSA DE FUNDACION TRAMO 1 (JC c/ 25 m)	vie 25/02/22	mar 05/04/22	jue 01/10/20																				
297		LOSA DE FUNDACION TRAMO 2	mié 06/04/22	mié 11/05/22	mar 10/11/20																				
298		LOSA DE FUNDACION TRAMO 3	jue 12/05/22	jue 16/06/22	mié 16/12/20																				
299		AIREADOR N° 1	jue 12/05/22	mié 15/06/22	jue 31/12/20																				
300		MUROS TRAMO 1	mié 06/04/22	lun 04/07/22	mar 10/11/20																				
301		MUROS TRAMO 2	jue 12/05/22	mié 20/07/22	mié 16/12/20																				
302		LOSA DE FUNDACION TRAMO 4	vie 17/06/22	vie 22/07/22	jue 21/01/21																				
303		AIREADOR N° 2	jue 21/07/22	mié 24/08/22	jue 11/03/21																				
304		MUROS TRAMO 3	jue 21/07/22	mié 28/09/22	mié 24/02/21																				
305		MUROS TRAMO 4	sáb 23/07/22	vie 30/09/22	vie 26/02/21																				
306		AIREADOR N° 3	jue 25/08/22	mié 28/09/22	jue 15/04/21																				
307		SELLO JUNTAS Y TERMINACIONES	sáb 23/07/22	jue 20/10/22	vie 26/02/21																				
308		LOSA DE SALIDA	jue 29/09/22	sáb 22/10/22	jue 20/05/21																				
309		FIN OBRAS CIVILES VERTEDERO	sáb 22/10/22	sáb 22/10/22	sáb 12/06/21																				
310		<b>MONTAJE COMPUERTAS</b>	om 23/10/22	sáb 20/05/23	dom 13/06/21																				
311		COMPUERTA RADIAL N°1	om 23/10/22	mié 21/12/22	dom 13/06/21																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
312		COMPUERTA RADIAL N°2	jue 22/12/22	om 19/02/23	jue 12/08/21																				
313		COMPUERTA RADIAL N°3	lun 20/02/23	jue 20/04/23	lun 11/10/21																				
314		TEST DE OPERACION	vie 21/04/23	sáb 20/05/23	vie 10/12/21																				
315		<b>ADUCCION Y DESCARGA DE FONDO</b>	<b>jue 29/04/21</b>	<b>jue 02/02/23</b>	<b>dom 28/04/19</b>																				
316		<b>TUNEL DE TUBERIA</b>	<b>jue 29/04/21</b>	<b>vie 15/07/22</b>	<b>dom 28/04/19</b>																				
317		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO PORTAL SALIDA	jue 29/04/21	sáb 26/06/21	dom 28/04/19																				
318		HORMIGON PORTAL DE SALIDA	om 27/06/21	nar 10/08/21	jue 27/06/19																				
319		INSTALACION SERVICION DE OBRA PORTAL DE SALIDA	mié 11/08/21	mié 25/08/21	dom 11/08/19																				
320		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO TUNEL	lun 01/11/21	mié 19/01/22	vie 01/11/19																				
321		HORMIGON RADIER e= 25 cm ???	jue 20/01/22	mié 02/02/22	mié 19/02/20																				
322		CUNAS APOYO PENSTOCK	jue 03/02/22	sáb 19/03/22	mié 04/03/20																				
323		FOSO DRENAJE - BOMBAS Y PIPING A CASA DE MAQUINAS	jue 03/02/22	om 03/04/22	mié 04/03/20																				
324		CASETA ELECTRICA Y REDES A CAVERNA	jue 03/02/22	om 03/04/22	mié 04/03/20																				
325		<b>CAMARA DE VALVULA MARIPOSA</b>	<b>jue 20/01/22</b>	<b>vie 15/07/22</b>	<b>lun 20/01/20</b>																				
326		ENSANCHE Y FORTIFICACION CAVERNA	jue 20/01/22	vie 18/02/22	lun 20/01/20																				
327		MONTAJE BLINDAJE CODO	sáb 19/02/22	vie 18/03/22	mié 04/03/20																				
328		HORMIGONADO CODO	sáb 19/03/22	vie 08/04/22	mié 01/04/20																				
329		CORTINA DE INYECCIONES	sáb 09/04/22	mié 20/04/22	dom 10/05/20																				
330		RED ELECTRICA E ILUMINACION TUNEL DE TUBERIA	sáb 09/04/22	om 08/05/22	mié 22/04/20																				
331		MONTAJE ESTRUCTURA METALICA PTE. GRUA	lun 09/05/22	jue 26/05/22	vie 22/05/20																				
332		INSTALACIONES ELECTROMECANICAS DE SERVICIO	sáb 09/04/22	nar 07/06/22	mié 22/04/20																				
333		MONTAJE PTE GRUA Y TEST	vie 27/05/22	jue 09/06/22	mar 09/06/20																				
334		MONTAJE VALVULA MARIPOSA	vie 10/06/22	sáb 09/07/22	mar 23/06/20																				
335		TEST OPERACIONALES VALVULA MARIPOSA	om 10/07/22	vie 15/07/22	jue 23/07/20																				
336		FIN INSTALACIONES CAMARA	vie 15/07/22	vie 15/07/22	mar 28/07/20																				
337		<b>ADUCCION TUNEL 1</b>	<b>mié 15/06/22</b>	<b>jue 02/02/23</b>	<b>mié 31/03/21</b>																				
338		CIERRE COMPUERTAS TUNEL 1 - MOP/EDIC	vie 15/07/22	vie 15/07/22	vie 30/04/21																				
339		INSTALACION PORTICO DE SERVICIO Y WINCHE	mié 15/06/22	sáb 16/07/22	mié 31/03/21																				
340		ROTURA TIMPANO A TUNEL 1	sáb 16/07/22	om 17/07/22	vie 30/04/21																				
341		TERMINACIONES EMPALME TUNELES	lun 18/07/22	mié 27/07/22	dom 02/05/21																				
342		HORMIGON RADIER H25 e= 0.50m	sáb 16/07/22	vie 05/08/22	vie 30/04/21																				
343		MONTAJE E INGRESO TUNELERA L= 12 m - Cant. 1	sáb 06/08/22	vie 26/08/22	vie 21/05/21																				
344		HORMIGON REVESTIMIENTO H25 e= 0.50 m	sáb 27/08/22	lun 23/01/23	vie 11/06/21																				
345		INYECCIONES DE CONTACTO	nar 24/01/23	jue 02/02/23	lun 08/11/21																				
346		<b>TAPON Y DESCARGA FONDO</b>	<b>lun 18/07/22</b>	<b>jue 02/02/23</b>	<b>dom 02/05/21</b>																				
347		MONTAJE REVESTIMIENTO METALICO DESCARGA	lun 18/07/22	om 21/08/22	dom 02/05/21																				
348		OBRAS CIVILES DESCARGA DE FONDO	lun 18/07/22	jue 15/09/22	dom 02/05/21																				
349		MONTAJE COMPUERTA PLANA HOWELL-BUNGER	vie 16/09/22	nar 27/09/22	jue 01/07/21																				
350		MONTAJE REVESTIMIENTO METALICO ADUCCION	lun 22/08/22	nar 08/11/22	dom 06/06/21																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
351		TAPON DE HORMIGON HASTA CAVERNA	vie 16/09/22	lun 14/11/22	jue 01/07/21																				
352		RED ELECTRICA E ILUMINACION TUNEL 1	vie 30/09/22	mar 15/11/22	vie 16/07/21																				
353		CORTINA DE INYECCIONES	mar 15/11/22	lun 28/11/22	lun 30/08/21																				
354		INSTALACIONES ELECTROMECANICAS DE SERVICIO	mar 15/11/22	mié 14/12/22	lun 30/08/21																				
355		FIN INSTALACIONES EN TUNEL 1	jue 02/02/23	jue 02/02/23	mié 17/11/21																				
356		<b>PENSTOCK</b>	<b>mié 23/10/19</b>	<b>áb 08/04/23</b>	<b>mar 15/05/18</b>																				
357		<b>FABRICACION</b>	<b>mié 23/10/19</b>	<b>lun 02/08/21</b>	<b>mar 15/05/18</b>																				
358		FABRICACION PENSTOCK	mié 23/10/19	lun 02/08/21	mar 15/05/18																				
359		<b>MONTAJE</b>	<b>mar 03/08/21</b>	<b>áb 08/04/23</b>	<b>sáb 18/04/20</b>																				
360		TRAMO TUNEL DE TUBERIA	om 20/03/22	lun 01/08/22	sáb 18/04/20																				
361		TRAMO ENTERRADO A CASA DE MAQUINAS	mar 02/08/22	sáb 08/04/23	lun 31/08/20																				
362		TRAMO ENTERRADO A ENTREGA RIEGO	mar 03/08/21	lun 28/02/22	jue 08/04/21																				
363		<b>OBRAS CIVILES CENTRAL</b>	<b>mar 30/03/21</b>	<b>áb 20/01/24</b>	<b>vie 29/03/19</b>																				
364		CAMINO DE ACCESO A CENTRAL x ATAGUIA AG. ABAJO	mar 30/03/21	mié 28/04/21	vie 29/03/19																				
365		EXCAVACION MASIVA	om 27/06/21	om 24/10/21	mié 26/06/19																				
366		<b>SUMIDEROS DEASGÜE Y DRENAJE</b>	<b>lun 25/10/21</b>	<b>mar 21/12/21</b>	<b>vie 25/10/19</b>																				
367		EXCAVACIONES PUNTUALES EN ROCA	lun 25/10/21	om 31/10/21	vie 25/10/19																				
368		ENCOFRADO Y HORMIGON SUMIDERO VACIADO	lun 01/11/21	om 14/11/21	vie 01/11/19																				
369		ENCOFRADO Y HORMIGON SUMIDERO DRENAJE	lun 15/11/21	jue 02/12/21	vie 15/11/19																				
370		LOSA COTA 633.80	mar 07/12/21	mar 21/12/21	dom 08/12/19																				
371		<b>UNIDAD 1</b>	<b>om 24/10/21</b>	<b>vie 21/10/22</b>	<b>jue 24/10/19</b>																				
372		<b>BLOQUE DE UNIDAD</b>	<b>om 24/10/21</b>	<b>mar 04/10/22</b>	<b>jue 24/10/19</b>																				
373		Tratamiento de Fundaciones + H° de Limpieza	om 24/10/21	om 07/11/21	jue 24/10/19																				
374		Hormigones a cota + 633.00 - 1a. Fase E° T.A. (7 tongadas)	om 07/11/21	mié 08/12/21	jue 07/11/19																				
375		Blindaje Narices Pilas - Block out	mié 08/12/21	mar 21/12/21	dom 08/12/19																				
376		Hormigon Muros 1a. Fase C.E. (3 tongadas)	om 09/01/22	mié 09/02/22	jue 09/01/20																				
377		Montaje y Hormigon II Fase Tubo de Aspiracion (Autogrua)	mié 09/02/22	vie 11/03/22	dom 09/02/20																				
378		Hormigon Muros 1a. Fase cota 643.80	vie 11/03/22	lun 18/04/22	mar 10/03/20																				
379		Hormigon Muros 1a. Fase cota 652.30	lun 18/04/22	mié 18/05/22	vie 17/04/20																				
380		Montaje Predistribuidor	lun 18/04/22	om 22/05/22	vie 17/04/20																				
381		Hormigonado Columnas Ppales h= 10.00 m cant 6	mié 18/05/22	vie 17/06/22	dom 17/05/20																				
382		Encofrado y Hormigon II Fase - Camara Espiral	om 22/05/22	lun 11/07/22	jue 21/05/20																				
383		Montaje Blindaje Pozo Turbina	lun 11/07/22	mié 27/07/22	vie 10/07/20																				
384		Galeria de Acceso a Pozo Turbina	mié 27/07/22	mar 16/08/22	dom 26/07/20																				
385		Encofrado y Hormigon Pozo Generador hasta Cota 648.00	sáb 18/06/22	mar 19/07/22	sáb 15/08/20																				
386		Montaje Viga Carrilera	lun 26/09/22	mar 04/10/22	sáb 26/09/20																				
387		Area Libre para Inicio Montajes E&M Unidad 1	mar 04/10/22	mar 04/10/22	mar 13/10/20																				
388		Piso Ppal. Casa de Maquinas	mar 19/07/22	mar 16/08/22	mar 15/09/20																				
389		<b>TUBO DE ASPIRACION</b>	<b>lun 01/11/21</b>	<b>vie 21/10/22</b>	<b>vie 01/11/19</b>																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1										
390		Tratamiento de Fundaciones + H° de Limpieza	lun 01/11/21	om 21/11/21	vie 01/11/19													0%							
391		Losa de Fundacion (3 tongadas)	mié 08/12/21	om 09/01/22	dom 08/12/19													0%							
392		Hormigon Muros Laterales (2 x 3 tongadas)	om 09/01/22	sáb 29/01/22	jue 09/01/20													0%							
393		Hormigon Pilas Intermedias (2 x 3 tongadas)	sáb 29/01/22	vie 18/02/22	mié 29/01/20													0%							
394		Hormigon Techo Tubo de Aspiracion	vie 18/02/22	mié 16/03/22	mar 18/02/20													0%							
395		Hormigon Muros Galeria de Acceso al Cono	mié 16/03/22	mié 06/04/22	dom 15/03/20													0%							
396		Hormigon Muros y Losas Galerias a cota 643.90	mié 06/04/22	vie 06/05/22	dom 05/04/20													0%							
397		Hormigon Muros a Galeria Mecanica	vie 06/05/22	mié 08/06/22	mar 05/05/20													0%							
398		Hormigon Losa cota 648.00	mié 08/06/22	mar 28/06/22	dom 07/06/20													0%							
399		Hormigon Muros Ppales a cota 652.30	mar 28/06/22	mar 26/07/22	sáb 27/06/20													0%							
400		Losa Plataforma Trafos cota 652.30	mar 26/07/22	om 28/08/22	sáb 25/07/20													0%							
401		Preparacion Recatas - Computas Planas	om 28/08/22	sáb 24/09/22	jue 27/08/20													0%							
402		Hormigonado Columnas Ppales h= 10.00 m cant 6	om 28/08/22	mar 04/10/22	jue 27/08/20													0%							
403		Montaje Guias - Computas Planas	om 28/08/22	sáb 24/09/22	sáb 12/09/20													0%							
404		Montaje Viga Carrilera	mar 04/10/22	mié 12/10/22	sáb 03/10/20													0%							
405		Hormigon Cuba Trafo y Muros Cortafuego	om 28/08/22	vie 21/10/22	jue 27/08/20													0%							
406		Hormigones 2da. Fase Guias	om 28/08/22	mar 20/09/22	jue 01/10/20													0%							
407		Montaje Computas Planas	mié 21/09/22	sáb 24/09/22	dom 20/06/21													0%							
408		<b>UNIDAD 2</b>	<b>om 21/11/21</b>	<b>lun 05/12/22</b>	<b>jue 21/11/19</b>													0%							
409		<b>BLOQUE DE UNIDAD</b>	<b>om 21/11/21</b>	<b>jue 17/11/22</b>	<b>jue 21/11/19</b>													0%							
410		Tratamiento de Fundaciones + H° de Limpieza	om 21/11/21	sáb 04/12/21	jue 21/11/19													0%							
411		Hormigones a cota + 230.00 - 1a. Fase E° T.A. (7 tongadas)	mié 08/12/21	om 16/01/22	dom 08/12/19													0%							
412		Blindaje Narices Pilas - Block out	lun 17/01/22	om 30/01/22	vie 17/01/20													0%							
413		Hormigon Muros 1a. Fase T.A. (3 tongadas)	om 06/02/22	mié 09/03/22	dom 09/02/20													0%							
414		Montaje y Hormigon II Fase Tubo de Aspiracion (Autogrua)	mié 09/03/22	vie 08/04/22	mié 11/03/20													0%							
415		Hormigon Muros 1a. Fase cota 643.80	vie 08/04/22	lun 16/05/22	vie 10/04/20													0%							
416		Hormigon Muros 1a. Fase cota 652.30	lun 16/05/22	mié 15/06/22	lun 18/05/20													0%							
417		Montaje Predistribuidor	om 22/05/22	vie 24/06/22	jue 21/05/20													0%							
418		Hormigonado Columnas Ppales h= 10.00 m cant 6	sáb 18/06/22	lun 18/07/22	mié 17/06/20													0%							
419		Encofrado y Hormigon II Fase - Camara Espiral	vie 24/06/22	mié 10/08/22	mar 23/06/20													0%							
420		Montaje Blindaje Pozo Turbina	mié 10/08/22	vie 26/08/22	dom 09/08/20													0%							
421		Galeria de Acceso a Pozo Turbina	vie 26/08/22	jue 15/09/22	mar 25/08/20													0%							
422		Encofrado y Hormigon Pozo Generador hasta Cota 648.00	jue 15/09/22	jue 20/10/22	lun 14/09/20													0%							
423		Montaje Viga Carrilera	mar 19/07/22	mar 26/07/22	mié 28/10/20													0%							
424		Area Libre para Inicio Montajes E&M Unidad 2	jue 17/11/22	jue 17/11/22	lun 16/11/20													17/11							
425		Piso Ppal. Casa de Maquinas	jue 20/10/22	jue 17/11/22	lun 19/10/20													0%							
426		<b>TUBO DE ASPIRACION</b>	<b>om 28/11/21</b>	<b>lun 05/12/22</b>	<b>lun 02/12/19</b>													0%							
427		Tratamiento de Fundaciones + H° de Limpieza	om 28/11/21	mié 15/12/21	lun 02/12/19													0%							
428		Losa de Fundacion (3 tongadas)	lun 17/01/22	om 06/02/22	lun 20/01/20													0%							

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025					
						S2	S1	S2	S1	S2																			
429		Hormigon Muros Laterales (2 x 3 tongadas)	lun 07/02/22	jue 24/02/22	mié 12/02/20																								
430		Hormigon Pilas Intermedias (2 x 3 tongadas)	vie 25/02/22	lun 14/03/22	mar 03/03/20																								
431		Hormigon Techo Tubo de Aspiracion	mar 15/03/22	jue 07/04/22	mar 24/03/20																								
432		Hormigon Muros Galeria de Acceso al Cono	vie 08/04/22	lun 25/04/22	lun 20/04/20																								
433		Hormigon Muros y Losas Galerias a cota 643.90	mar 26/04/22	mié 25/05/22	lun 11/05/20																								
434		Hormigon Muros a Galeria Mecanica	jue 26/05/22	vie 24/06/22	sáb 13/06/20																								
435		Hormigon Losa cota 648.00	sáb 25/06/22	mar 12/07/22	mié 15/07/20																								
436		Hormigon Muros Ppales a cota 652.30	mié 13/07/22	sáb 06/08/22	mié 05/08/20																								
437		Losa Plataforma Trafos cota 652.30	lun 29/08/22	mar 27/09/22	dom 06/09/20																								
438		Preparacion Recatas - Compuertas Planas	mié 28/09/22	mar 18/10/22	jue 08/10/20																								
439		Hormigonado Columnas Ppales h= 10.00 m cant 6	mié 28/09/22	jue 27/10/22	mar 06/10/20																								
440		Montaje Viga Carrilera	vie 28/10/22	jue 03/11/22	vie 06/11/20																								
441		Montaje Guías - Compuertas Planas	sáb 22/10/22	vie 11/11/22	sáb 24/10/20																								
442		Hormigones 2da. Fase Guías	sáb 22/10/22	vie 11/11/22	dom 08/11/20																								
443		Hormigon Cuba Trafo y Muros Cortafuego	sáb 22/10/22	lun 05/12/22	dom 25/10/20																								
444		Montaje Compuertas Planas	sáb 12/11/22	lun 14/11/22	jue 24/06/21																								
445		<b>AREA DE MONTAJE</b>	<b>mar 08/03/22</b>	<b>om 22/05/22</b>	<b>mar 10/03/20</b>																								
446		SELLO DE FUNDACION Y HORMIGON DE NIVELACION	mar 08/03/22	om 27/03/22	mar 10/03/20																								
447		BASES Y LOSA DE FUNDACION	om 27/03/22	mié 27/04/22	sáb 28/03/20																								
448		Hormigonado Columnas Ppales h= 10.00 m cant 4	mié 27/04/22	mié 18/05/22	lun 27/04/20																								
449		Montaje Viga Carrilera	mié 18/05/22	om 22/05/22	mar 22/09/20																								
450		<b>EDIFICIO Y TERMINACIONES ARQUITECTURA</b>	<b>vie 29/07/22</b>	<b>sáb 20/01/24</b>	<b>jue 27/08/20</b>																								
451		MONTAJE ESTRUCTURA METALICA TECHO	vie 29/07/22	jue 27/10/22	jue 27/08/20																								
452		MONTAJE REVESTIMIENTO METALICO Y CUBIERTA	vie 29/07/22	sáb 26/11/22	dom 11/10/20																								
453		TERMINACIONES ARQUITECTONICAS	jue 27/10/22	sáb 20/01/24	mié 25/11/20																								
454		<b>OBRAS DE RESTITUCION</b>	<b>mar 15/02/22</b>	<b>lun 28/11/22</b>	<b>lun 17/02/20</b>																								
455		EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO TALUDES	mar 15/02/22	mar 17/05/22	lun 17/02/20																								
456		OBRAS DE HORMIGON	mar 17/05/22	mié 14/09/22	dom 17/05/20																								
457		ENROCADO DE PROTECCION	mié 14/09/22	lun 28/11/22	lun 14/09/20																								
458		<b>MONTAJE E&amp;M UNIDADES</b>	<b>vie 23/10/20</b>	<b>vie 25/08/23</b>	<b>vie 23/10/20</b>																								
459		<b>UNIDAD # 1</b>	<b>vie 23/10/20</b>	<b>vie 12/05/23</b>	<b>vie 23/10/20</b>																								
460		<b>VALVULA MARIPOSA UNIDAD 1</b>	<b>jue 03/11/22</b>	<b>vie 12/05/23</b>	<b>sáb 20/02/21</b>																								
461		LLEGADA SUMINISTRO	jue 03/11/22	jue 03/11/22	sáb 20/02/21																								
462		MONTAJE VALVULA	vie 04/11/22	om 18/12/22	mar 09/03/21																								
463		ACOPLE CON PENSTOCK	om 09/04/23	vie 28/04/23	sáb 08/05/21																								
464		PRUEBAS DE OPERACION EN VACIO	sáb 29/04/23	vie 12/05/23	vie 28/05/21																								
465		<b>TURBINA</b>	<b>vie 23/10/20</b>	<b>mié 12/04/23</b>	<b>vie 23/10/20</b>																								
466		LLEGADA EQUIPAMIENTO E&M A OBRA	vie 23/10/20	vie 23/10/20	vie 23/10/20																								
467		ERECTION IN THE PIT & PIPING	mar 04/10/22	mar 18/10/22	mar 22/12/20																								

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
468		ARRIVAL RUNNER	mar 18/10/22	mar 18/10/22	mar 05/01/21																				
469		Preparation out of pit - Ceramic Coating Runner	mar 18/10/22	mar 01/11/22	mar 05/01/21																				
470		Assembly & Installation in temporary position	mar 01/11/22	mar 15/11/22	mar 19/01/21																				
471		Shaft free	sáb 26/11/22	sáb 26/11/22	lun 08/02/21																				
472		Alignment and coupling	mar 31/01/23	om 12/02/23	jue 15/04/21																				
473		Shaft seal	om 12/02/23	om 19/02/23	mar 27/04/21																				
474		Piping	om 12/02/23	om 12/03/23	mar 27/04/21																				
475		Turbine guide bearing final	om 12/03/23	om 19/03/23	mar 25/05/21																				
476		Discharge ring	om 19/03/23	jue 06/04/23	mar 01/06/21																				
477		DRAFT TUBE CONE	jue 06/04/23	mié 12/04/23	sáb 19/06/21																				
478		<b>GENERADOR</b>	<b>sáb 05/11/22</b>	<b>om 26/03/23</b>	<b>lun 18/01/21</b>																				
479		Pole assembling on the Rotor	sáb 05/11/22	sáb 26/11/22	lun 18/01/21																				
480		ROTOR STAND BY	sáb 26/11/22	sáb 26/11/22	lun 08/02/21																				
481		Soleplates and grouting	sáb 26/11/22	sáb 10/12/22	lun 08/02/21																				
482		Assembling lower bracket	sáb 10/12/22	sáb 31/12/22	lun 22/02/21																				
483		Stator placing in the pit	sáb 31/12/22	mar 10/01/23	lun 15/03/21																				
484		Placing Rotor in the pit	mar 10/01/23	mar 17/01/23	jue 25/03/21																				
485		Assembling upper bracket	mar 10/01/23	mar 31/01/23	jue 25/03/21																				
486		Alignment & coupling	mar 31/01/23	om 12/02/23	jue 15/04/21																				
487		Final erection and pre-test	om 12/02/23	om 26/03/23	mar 27/04/21																				
488		<b>SERVICIOS AUXILIARES</b>	<b>om 22/11/20</b>	<b>jue 20/04/23</b>	<b>dom 22/11/20</b>																				
489		Arrival Equipment E&M On Site	om 22/11/20	om 22/11/20	dom 22/11/20																				
490		Installation	sáb 26/11/22	om 19/02/23	lun 08/02/21																				
491		Piping	om 19/02/23	jue 20/04/23	mar 04/05/21																				
492		<b>SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION</b>	<b>mar 04/10/22</b>	<b>jue 20/04/23</b>	<b>mar 22/12/20</b>																				
493		Arrival Equipment E&M On Site	mar 04/10/22	mar 04/10/22	mar 22/12/20																				
494		Installation	sáb 26/11/22	mié 25/01/23	lun 08/02/21																				
495		Piping	vie 20/01/23	jue 20/04/23	dom 04/04/21																				
496		<b>UNIDAD # 2</b>	<b>mar 18/10/22</b>	<b>jue 13/07/23</b>	<b>jue 21/01/21</b>																				
497		<b>VALVULA MARIPOSA UNIDAD 2</b>	<b>jue 03/11/22</b>	<b>vie 26/05/23</b>	<b>mié 21/04/21</b>																				
498		LLEGADA SUMINISTRO	jue 03/11/22	jue 03/11/22	mié 21/04/21																				
499		MONTAJE VALVULA	lun 19/12/22	mié 01/02/23	vie 23/04/21																				
500		ACOPLE CON PENSTOCK	jue 02/02/23	mar 21/02/23	lun 07/06/21																				
501		PRUEBAS DE OPERACION	sáb 13/05/23	vie 26/05/23	dom 27/06/21																				
502		<b>TURBINA</b>	<b>mar 18/10/22</b>	<b>sáb 11/03/23</b>	<b>jue 21/01/21</b>																				
503		LLEGADA EQUIPAMIENTO E&M A OBRA	mar 18/10/22	mar 18/10/22	jue 21/01/21																				
504		ERECTION IN THE PIT & PIPING	vie 18/11/22	vie 02/12/22	lun 22/03/21																				
505		ARRIVAL RUNNER	vie 02/12/22	vie 02/12/22	lun 05/04/21																				
506		Preparation out of pit - Ceramic Coating Runner	vie 02/12/22	vie 16/12/22	lun 05/04/21																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
507		Shaft free	vie 30/12/22	vie 30/12/22	lun 03/05/21																				
508		Assembly & Installation in temporary position	vie 16/12/22	vie 30/12/22	lun 19/04/21																				
509		Alignment and coupling	sáb 31/12/22	mié 11/01/23	jue 08/07/21																				
510		Shaft seal	jue 12/01/23	mié 18/01/23	mar 20/07/21																				
511		Piping	jue 12/01/23	mié 08/02/23	mar 20/07/21																				
512		Turbine guide bearing final	jue 09/02/23	mié 15/02/23	mar 17/08/21																				
513		Discharge ring	jue 16/02/23	dom 05/03/23	mar 24/08/21																				
514		DRAFT TUBE CONE	lun 06/03/23	sáb 11/03/23	sáb 11/09/21																				
515		<b>GENERADOR</b>	<b>vie 09/12/22</b>	<b>sáb 29/04/23</b>	<b>lun 12/04/21</b>																				
516		Pole assembling on the Rotor	vie 09/12/22	vie 30/12/22	lun 12/04/21																				
517		ROTOR STAND BY	vie 30/12/22	vie 30/12/22	lun 03/05/21																				
518		Soleplates and grouting	vie 30/12/22	vie 13/01/23	lun 03/05/21																				
519		Assembling lower bracket	vie 13/01/23	vie 03/02/23	lun 17/05/21																				
520		Stator placing in the pit	vie 03/02/23	lun 13/02/23	lun 07/06/21																				
521		Placing Rotor in the pit	lun 13/02/23	lun 20/02/23	jue 17/06/21																				
522		Assembling upper bracket	lun 13/02/23	lun 06/03/23	jue 17/06/21																				
523		Alignment & coupling	mar 07/03/23	dom 19/03/23	jue 08/07/21																				
524		Final erection and pre-test	dom 19/03/23	sáb 29/04/23	mar 20/07/21																				
525		<b>SERVICIOS AUXILIARES</b>	<b>mar 18/10/22</b>	<b>jue 13/07/23</b>	<b>dom 04/04/21</b>																				
526		Arrival Equipment E&M On Site	mar 18/10/22	mar 18/10/22	dom 04/04/21																				
527		Installation	mar 21/02/23	dom 14/05/23	vie 25/06/21																				
528		Piping	dom 14/05/23	jue 13/07/23	mié 15/09/21																				
529		<b>SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION</b>	<b>mar 18/10/22</b>	<b>jue 13/07/23</b>	<b>mar 04/05/21</b>																				
530		Arrival Equipment E&M On Site	mar 18/10/22	mar 18/10/22	mar 04/05/21																				
531		Installation	sáb 31/12/22	mié 01/03/23	jue 03/06/21																				
532		Piping	mié 12/04/23	jue 13/07/23	sáb 14/08/21																				
533		FIN MONTAJE E&M U1 + U2 - UNIDADES LISTAS PARA PRUEBAS	jue 13/07/23	jue 13/07/23	dom 14/11/21																				
534		<b>PUENTE GRUA PRINCIPAL</b>	<b>jue 03/11/22</b>	<b>mar 13/12/22</b>	<b>jue 12/11/20</b>																				
535		Arrival Equipment E&M On Site	jue 03/11/22	jue 03/11/22	jue 12/11/20																				
536		Installation of rails & power supply Assembly Area	jue 03/11/22	jue 17/11/22	jue 12/11/20																				
537		Installation of crane and testing	jue 17/11/22	mar 13/12/22	jue 26/11/20																				
538		Crane available and tested - COMMISSIONING	mar 13/12/22	mar 13/12/22	mar 22/12/20																				
539		<b>PORTICO DE AGUAS ABAJO</b>	<b>lun 01/05/23</b>	<b>dom 11/06/23</b>	<b>mar 11/05/21</b>																				
540		Arrival Equipment E&M On Site	lun 01/05/23	lun 01/05/23	mar 11/05/21																				
541		Installation of rails & power supply Slab El. 652.30	mar 02/05/23	mar 16/05/23	mar 11/05/21																				
542		Installation of crane and testing	mar 16/05/23	dom 11/06/23	mar 25/05/21																				
543		Crane available and tested - COMMISSIONING	dom 11/06/23	dom 11/06/23	dom 20/06/21																				
544		<b>TRANSFORMADORES PRINCIPALES</b>	<b>dom 11/06/23</b>	<b>vie 25/08/23</b>	<b>dom 20/06/21</b>																				
545		Llegada Suministro	dom 11/06/23	dom 11/06/23	dom 20/06/21																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
546		Montaje Trafos	om 11/06/23	nar 11/07/23	dom 20/06/21																				
547		Carga de Aceite y Test	nar 11/07/23	vie 25/08/23	mar 20/07/21																				
548		<b>CASA DE VALVULAS</b>	<b>jue 07/04/22</b>	<b>jue 01/06/23</b>	<b>jue 16/04/20</b>																				
549		<b>OBRAS CIVILES</b>	<b>jue 07/04/22</b>	<b>jue 01/06/23</b>	<b>jue 16/04/20</b>																				
550		FUNDACIONES	jue 07/04/22	lun 06/06/22	jue 16/04/20																				
551		EDIFICIO Y CUBIERTA	lun 06/06/22	jue 03/11/22	lun 15/06/20																				
552		TERMINACIONES ARQUITECTONICAS	jue 03/11/22	mié 01/02/23	jue 12/11/20																				
553		OBRAS DE RESTITUCION	mié 01/02/23	jue 01/06/23	mié 10/02/21																				
554		<b>MONTAJE E&amp;M</b>	<b>mié 01/02/23</b>	<b>om 23/04/23</b>	<b>mié 10/02/21</b>																				
555		MONTAJE COMPUTAS	mié 01/02/23	om 02/04/23	mié 10/02/21																				
556		MONTAJE VALVULAS MARIPOSA	jue 02/02/23	om 02/04/23	jue 04/11/21																				
557		PRUEBAS Y COMMISSIONING	lun 03/04/23	om 23/04/23	lun 03/01/22																				
558		<b>SUBESTACION ELECTRICA</b>	<b>sáb 26/03/22</b>	<b>om 17/09/23</b>	<b>sáb 28/03/20</b>																				
559		<b>OBRAS CIVILES</b>	<b>sáb 26/03/22</b>	<b>mié 21/12/22</b>	<b>sáb 28/03/20</b>																				
560		PLATAFORMA	sáb 26/03/22	mié 25/05/22	sáb 28/03/20																				
561		BASES Y CANALES DE HRMIGON	mié 25/05/22	jue 22/09/22	mié 27/05/20																				
562		CIERROS Y TERMINACIONES	jue 22/09/22	mié 21/12/22	jue 24/09/20																				
563		<b>OBRAS ELECTROMECANICAS</b>	<b>mié 21/12/22</b>	<b>om 17/09/23</b>	<b>mié 23/12/20</b>																				
564		MONTAJE SUBESTACION	mié 21/12/22	om 17/09/23	mié 23/12/20																				
565		<b>LLENADO DEL EMBALSE</b>	<b>om 30/10/22</b>	<b>nar 22/10/24</b>	<b>vie 30/04/21</b>																				
566		DEFORESTACION AREA DE EMBALSE	om 30/10/22	lun 30/10/23	vie 30/04/21																				
567		CIERRE COMPUTAS TUNEL 2	lun 30/10/23	lun 30/10/23	sáb 30/04/22																				
568		ETAPA 1 - INUNDACION NO CONTROLADA	nar 31/10/23	om 05/11/23	lun 02/05/22																				
569		HORMIGONADO TAPON TUNEL 2	lun 30/10/23	vie 10/11/23	sáb 30/04/22																				
570		INYECCIONES TUNEL 2	sáb 11/11/23	vie 17/11/23	jue 12/05/22																				
571		ETAPA 2 - SEGUNDO CUARTO	sáb 18/11/23	om 17/12/23	jue 19/05/22																				
572		ETAPA 3 - TERCER CUARTO	vie 26/04/24	lun 24/06/24	sáb 18/06/22																				
573		ETAPA 4 - FINAL A COTA 757 ( a fecha tardia BALI)	nar 25/06/24	nar 22/10/24	mié 17/08/22																				
574		<b>COMMISSIONING</b>	<b>lun 18/12/23</b>	<b>nar 29/10/24</b>	<b>mar 19/04/22</b>																				
575		<b>PRUEBAS EN VACIO</b>	<b>jue 21/12/23</b>	<b>lun 08/04/24</b>	<b>mar 19/04/22</b>																				
576		UNIDAD 1	jue 21/12/23	lun 19/02/24	mar 19/04/22																				
577		UNIDAD 2	vie 09/02/24	lun 08/04/24	mié 08/06/22																				
578		<b>PRUEBAS CON AGUA</b>	<b>lun 18/12/23</b>	<b>lun 24/06/24</b>	<b>sáb 18/06/22</b>																				
579		UNIDAD 1	lun 18/12/23	vie 01/03/24	sáb 18/06/22																				
580		UNIDAD 2	vie 26/04/24	lun 24/06/24	jue 28/07/22																				
581		<b>PRUEAS DE CONFIABILIDAD</b>	<b>nar 25/06/24</b>	<b>jue 15/08/24</b>	<b>sáb 27/08/22</b>																				
582		UNIDAD 1	nar 25/06/24	sáb 06/07/24	sáb 27/08/22																				
583		UNIDAD 2	om 07/07/24	jue 18/07/24	lun 26/09/22																				
584		GENERACION COMERCIAL (2 Unidades)	jue 15/08/24	jue 15/08/24	vie 07/10/22																				

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			

Proyecto Punilla- Impactos en la Planificación propuesta por Astaldi

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Comienzo previsto	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
						S2	S1																		
585		<b>TEST DE EFICIENCIA (110%)</b>	mar 15/10/24	mar 29/10/24	mié 07/12/22																				0%
586		UNIDAD 1	mar 15/10/24	mar 22/10/24	mié 07/12/22																				0%
587		UNIDAD 2	mié 23/10/24	mar 29/10/24	jue 15/12/22																				0%
588		GENERACION GARANTIZADA	mar 29/10/24	mar 29/10/24	mié 21/12/22																				29/10

Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
Tarea		solo fin		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
División		solo duración		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Progreso de tarea		Tareas críticas		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Tarea manual		División crítica		Progreso del resumen		Hito externo			