



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

ANÁLISIS TÉCNICO DEL ESTÁNDAR DE SUSTENTABILIDAD Y ADJUDICACIÓN
DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO EMBALSE CHIRONTA Y PROPUESTA
DE LA PLANIFICACIÓN DE SU CONSTRUCCIÓN

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL

STEPHANIE MARISOL TORRES MORAGA

PROFESOR GUÍA:
ADOLFO OCHOA LLANGATO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ROBERTO GESCHE SCHULER
EZEQUIEL CAMUS HAYDEN

SANTIAGO DE CHILE

2022

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL
POR: STEPHANIE MARISOL TORRES MORAGA
FECHA: 2022
PROF. GUÍA: ADOLFO OCHOA LLANGATO

ANÁLISIS TÉCNICO DEL ESTÁNDAR DE SUSTENTABILIDAD Y ADJUDICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO EMBALSE CHIRONTA Y PROPUESTA DE LA PLANIFICACIÓN DE SU CONSTRUCCIÓN

Es conocido que Chile actualmente enfrenta una escasez hídrica a lo largo de distintos sectores, en gran parte de su extensión geográfica. Esto podría deberse a distintos factores, entre ellos: la falta de infraestructura hídrica para almacenar los recursos y la disminución de precipitaciones producto del cambio climático.

En ese contexto, cobra gran importancia la construcción de embalses de agua, con el objetivo de satisfacer distintas necesidades de las comunidades. Este tipo de obras requieren grandes inversiones, por lo que es primordial lograr eficiencia en su construcción. Sin embargo, en Chile suelen presentar retrasos en su programa de construcción, aumentando así los plazos de la obra, y con ello, el presupuesto del proyecto. Debido a esto, se hace relevante estudiar la planificación de construcción de una presa de contención de agua.

En el presente trabajo de título, mediante el estudio de bibliografía y antecedentes del proyecto, se revisa el programa de construcción de la presa del proyecto de embalse Chironta, el cual está destinado para riego. Luego, se propone un nuevo programa de construcción de la presa. Adicionalmente, se analizan otros aspectos del proyecto: su contrato y proceso de licitación, y el procedimiento en materia ambiental.

Respecto a la planificación de construcción, esta fue realizada considerando las actividades principales de la construcción de la presa, obteniendo como resultado un listado de maquinaria y un programa de construcción.

En cuanto al contrato del proyecto, este especifica que su construcción fue adjudicada al Consorcio Besalco-Dragados mediante la modalidad de precios unitarios. Posteriormente se tramitaron modificaciones a este contrato original, aumentando el presupuesto del proyecto y postergando la fecha de término en más de un año.

Por último, en relación al análisis del proyecto en materia ambiental, se estudiaron dos aristas: la evaluación técnica de las consultas ciudadanas sobre el proyecto y los impactos ambientales con sus respectivas medidas de mitigación y compensación.

Dedico esta memoria a mi querida madre, quien con su apoyo constante, amor y sacrificio me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi mamá, Marisol, por apoyarme incondicionalmente durante toda mi vida; desde conseguirme la cartulina un domingo en la noche cuando iba al colegio, hasta prepararme una oncesita cuando me quedaba estudiando hasta tarde para la universidad. Le agradezco por haber hecho hasta lo imposible por darme lo que sea que necesitara, por incentivar me siempre a aspirar a más y a ser una mujer fuerte y también por creer en mí más de lo que yo misma lo hago. Este logro y todos mis logros serán también siempre los tuyos, mamá.

A mi hermana, Sol, por haberme hecho sentir siempre comprendida y acompañada durante mi etapa universitaria, por sus consejos sabios de hermana mayor y también por su mala influencia cuando tenía que estudiar, pero que me hacía priorizar pasar tiempo con mi familia. Y lo más importante, agradecerle por haber traído a mi vida a mi hermoso sobrino, Camilito, quien me mata de la risa y hace mis días y los de todas/os más felices. Agradecer también a mi cuñado, Gonzalo, quien junto a mi hermana y mi sobrino me hacen sentir parte de una familia más.

A mis tíos y padrinos, Papaté y tía Charo, quienes más que mis tíos, han sido mis segundos padres. A mi tío, mejor llamado, Papaté, le agradezco haber estado siempre para mí, mi hermana y mis primas, ya sea preocupándose o ayudándonos en todo lo que pueda, y por estar orgulloso de nosotras y demostrarlo siendo nuestro mayor hinchador en cada premiación. A mi tía Charo, le agradezco su compañía constante en mi vida y sus gestos de cariño y atenciones, a veces con un regalo cuidadosamente escogido, otras veces con unas ricas papas fritas.

A mis primas, partiendo por Fernanda, quien es mi prima, hermana y amiga, por nuestra infancia compartida en la mesita de niños chicos y por todas nuestras conversaciones estúpidas, que muchas veces me hacían distraerme de mis preocupaciones. A mi prima Amandita, a quien quise mucho desde que era un bebé, por esas conversaciones de pasillo, y a mi prima más chiquita, Javiera, por su ternura.

Por supuesto, no puedo no mencionar a mi yaya y a mi tío Camilo, quienes ya fallecieron, pero fueron y serán siempre de mis seres más queridos. A mi yaya le agradezco haber dedicado gran parte de su vida a criarnos y cuidarnos, junto a mi mamá, y el haber sido una gran mujer, madre y abuela. A mi tío Camilo, quien fue mi persona favorita durante mi niñez, le agradezco el apoyo que siempre me dio y su infaltable sonrisa que siempre admiré. En los recuerdos más hermosos de mi infancia siempre estarán ustedes.

A la niñita de mis ojos, y con quien paso más tiempo en mi día a día, mi gatita Carlota, agradezco todos estos años de regaloneo y amor. Mis noches de estudio habrían sido tortuosas sin su compañía.

Agradecer también a mis amigas de toda la vida: mi querida amiga de infancia, Myriam, por las noches de chancheo o sushi y por ser la incondicional, a mis amigas del colegio; Javi, Camila y Cata grande, por la amistad de todos estos años, por las risas, los chismes y por estar en todas. A mi amiga del colegio y quien me ha acompañado también durante la U, Caro, por los consejos de curso en la biblioteca leyendo la Muy interesante, por las chelas de los viernes, pero también por su apoyo constante y ayuda en lo académico.

A otros amigos que me dejó la vida. Javier, por ser el mejor amigo que alguien pudiera tener y por siempre entenderme. Mati, por ser mi guía en civil y un gran amigo todos estos años.

A mis primeras amigas de la U: Meli, Vale y Rocío, por nuestros tradicionales almuerzos en la cafeta de la U. A mis amigas de civil: Jorge, Carlitos, Ivania, Guille, Mijal y Pancho, por tantas cosas que pasamos juntos, desde la pera para los controles, hasta el apañe en los tantos carretes. A mi amiga y ex jefa, Cote, por las más chistosas reuniones de trabajo en Tutoría DIC y por el apoyo emocional que siempre me ha dado. Por último, a mi inseparable amiga de civil, Javi, por aguantarme en la U todo el día, todos los días, y vivir conmigo tantos buenos y tantos horrorosos momentos de la carrera.

A los profesores de mi comisión, Roberto Gesche y Ezequiel Camus, quienes han hecho muy buenos aportes a mi memoria. Y para finalizar, agradezco especialmente a mi profesor guía, Adolfo Ochoa, quien me ha guiado y ayudado enormemente con su vasta experiencia en construcción, me ha entregado mucho de su tiempo para la realización de este trabajo, teniendo siempre una gran disposición para reunirse conmigo, y quien además, ha sido tremendamente empático y me ha apoyado constantemente durante esta larga etapa de mi formación académica. Muchas gracias profesor, por todo.

Tabla de Contenido

Introducción	1
1. Objetivos	3
1.1. Objetivos Generales	3
1.2. Objetivos Específicos	3
2. Marco teórico	4
2.1. Contexto recursos hídricos en Chile	4
2.2. Presas de escollera	5
2.2.1. Partes de una presa de escollera	6
2.2.2. Movimientos de tierra y hormigonado en la construcción de una presa de escollera	9
2.2.3. Maquinaria para movimiento de tierras en construcción de presas . .	11
2.3. Contratación en obras públicas	17
2.3.1. Contratación de obras de infraestructura pública no concesionada y contratación de obras de infraestructura pública concesionada	17
2.3.2. Comparación entre mecanismos de adjudicación, ejecución y solución de controversias en contratos de obras de infraestructura pública no concesionada y obras de infraestructura pública concesionada	17
2.4. Proceso de licitación en obras públicas	19
2.5. Estándares de sustentabilidad en construcción de presas	22
2.5.1. Política Operativa sobre Pueblos Indígenas (PPI) del BID – OP 765 (BID, 2006, Estados Unidos)	22
2.5.2. Criterios y guías de buenas prácticas de la Comisión Mundial de Represas, CMR (WCD, 2000)	26
3. Antecedentes del proyecto de embalse Chironta	32
3.1. Presa	34
3.1.1. Fundaciones	35
3.1.2. Rellenos de la presa	36
3.1.3. Pantalla de hormigón	38
3.1.4. Plinto	38
3.2. Obras complementarias	39
3.2.1. Yacimientos de material	39
3.2.2. Botadero	42
3.3. Otros	42

3.3.1.	Vida útil y cronograma de la obra	42
3.3.2.	Mano de obra	43
3.3.3.	Maquinaria	43
4.	Planificación de la construcción y programa de construcción de la presa Chironta	44
4.1.	Descripción de las principales actividades de la obra y sus procesos constructivos	45
4.1.1.	Excavaciones, carguío y transporte de material	45
4.1.2.	Construcción de rellenos de la presa	49
4.1.3.	Construcción del plinto y de la pantalla de hormigón armado	53
4.2.	Metodología de cálculo y resultados de los rendimientos requeridos	57
4.2.1.	Volúmenes de tierra y roca	57
4.2.2.	Volúmenes hormigón	61
4.2.3.	Duración actividades	62
4.2.4.	Rendimientos requeridos	64
4.3.	Metodología de cálculo de los rendimientos de la maquinaria	67
4.3.1.	Excavaciones	67
4.3.2.	Selección de material	71
4.3.3.	Carguío y transporte	71
4.3.4.	Construcción de rellenos: Esparcido	83
4.3.5.	Construcción de rellenos: Nivelación	87
4.3.6.	Construcción de rellenos: Humectación o riego	88
4.3.7.	Construcción de rellenos: Compactación	93
4.3.8.	Construcción del plinto y pantalla de H.A.	94
4.4.	Resultados de rendimientos de maquinaria	96
4.4.1.	Excavaciones	97
4.4.2.	Construcción de rellenos	98
4.4.3.	Construcción del plinto y pantalla de H.A.	100
4.5.	Selección de maquinaria y duraciones de actividades	100
4.5.1.	Excavaciones	101
4.5.2.	Construcción de rellenos	103
4.5.3.	Construcción del plinto y pantalla de H.A.	104
4.5.4.	Resumen maquinaria escogida	106
4.6.	Programa de construcción de la presa	106
4.7.	Comentarios	109
5.	Análisis de la modalidad de contratación del proyecto de embalse Chironta	112
5.1.	Adjudicación de la construcción del embalse Chironta	112
5.2.	Modificaciones de contrato	113
5.2.1.	Modificación de contrato N°1	114
5.2.2.	Modificación de contrato N°2	116
5.2.3.	Modificación de contrato N°3	118
5.3.	Comentarios	120
6.	Análisis del proceso en materia ambiental del proyecto	122
6.1.	Evaluación técnica de consultas ciudadanas	122
6.2.	Impactos ambientales y medidas de mitigación y compensación	127

6.3. Comentarios	132
Conclusión	134
Bibliografía	137
Anexos	139
A. Excavación de roca	140
A.1. Perforación	140
A.2. Tronadura	142
B. Características presa Pichi Picún Leufu	144
C. Bandas granulométricas rellenos	145
D. Fragmentos de modificaciones de contrato	146
D.1. Modificación de contrato N°1	146
D.2. Modificación de contrato N°2	147
D.3. Modificación de contrato N°3	149
E. Variaciones de obra en modificaciones de contrato proyecto Chironta	151
E.1. Variaciones de obra en modificación de contrato N°1	151
E.2. Variaciones de obra en modificación de contrato N°2	156
E.3. Variaciones de obra en modificación de contrato N°3	163
F. Impactos ambientales y medidas de mitigación, compensación del proyecto Chironta	179

Índice de Tablas

3.1. Coordenadas geográficas de ubicación del eje de la presa	33
3.2. Dimensiones presa Chironta	33
3.3. Características de diseño obras anexas, embalse Chironta	33
3.4. Dimensiones muro parapeto ubicado sobre el muro	34
3.5. Volúmenes de materiales en presa Chironta	37
3.6. Parámetros geotécnicos	38
3.7. Longitudes del plinto en cada tramo	38
3.8. Volúmenes de excavación de material	40
3.9. Granulometrías integrales de los sedimentos	42
3.10. Duración de fases del proyecto embalse Chironta	42
3.11. Maquinaria del proyecto por tipo de actividad	43
4.1. Volúmenes cubcados actividad de excavaciones abiertas de material de terreno de fundación	57
4.2. Volúmenes cubcados actividad de excavaciones de producción de materiales en yacimientos	58
4.3. Volúmenes cubcados actividad de construcción de terraplenes con material de relleno	58
4.4. Factores de conversión volumétrica desde estado natural.	60
4.5. Volúmenes movimiento de tierras	61
4.6. Volúmenes cubcados actividad de hormigones	61
4.7. Dimensiones y volumen de losas de la pantalla de hormigón	62
4.8. Maquinaria de esparcido o extendido: Topadora bulldozer	67
4.9. Velocidades de máquinas topadoras bulldozer	68
4.10. Factores de corrección según condiciones de trabajo	69
4.11.	70
4.12. Maquinaria de excavación y carguío: Retroexcavadoras	71
4.13. Maquinaria de transporte: Camiones de obra	72
4.14. Maquinaria de carguío: Cargadores	72
4.15. Maquinaria de transporte: Camiones de obra	73
4.16. Factor de llenado según tipo de material en excavadoras y retroexcavadoras	75
4.17. Factor de llenado según tipo de material en cargadores frontales	75
4.18. Promedios de tiempo de ciclo de excavadoras según tamaño de la máquina.	80
4.19. Tiempos de ciclo de las alternativas de retroexcavadoras en excavación y carga de camiones	80
4.20. Promedio de ciclos de cargadores en carga de camiones	81

4.21. Correcciones a los ciclos de cargadores en carga de camiones	81
4.22. Tiempos de ciclo de las alternativas de cargadores en carga de camiones (con correcciones)	82
4.23. Valores referenciales para el tiempo de intercambio en camiones	83
4.24. Maquinaria de esparcido o extendido	84
4.25. Velocidades de máquinas topadoras bulldozer	85
4.26. Factores de corrección según condiciones de trabajo	86
4.27. Maquinaria de nivelación	87
4.28. Maquinaria de riego	88
4.29. Valores referenciales de humedad óptima para algunos tipos de suelo	89
4.30. Datos de las zonas de la presa Chironta para cálculo de agua a añadir	90
4.31. Cálculo de cantidad de agua para la humedad óptima	90
4.32. Cálculo de cantidad de agua para la humedad natural	90
4.33. Cálculo de cantidad de agua para la humedad natural	91
4.34. Maquinaria de compactación	93
4.35. Maquinaria de transporte de hormigón	95
4.36. Rendimiento retroexcavadora en conjunto con camión tolva [m^3/h]	97
4.37. Rendimiento de maquinaria de bulldozer para excavación	97
4.38. Rendimiento cargador en conjunto con camión tolva [m^3/h]	98
4.39. Rendimiento de bulldozer para esparcido [m^3/h]	98
4.40. Rendimiento de motoniveladora [m^3/h]	99
4.41. Rendimiento camión cisterna ida y vuelta	99
4.42. Rendimiento camión cisterna riego	99
4.43. Rendimiento de compactador [m^3/h]	100
4.44. Rendimiento camión mixer	100
4.45. Cantidad de maquinaria de retroexcavadora en conjunto con camión tolva	101
4.46. Selección de maquinaria para excavación, carguío y transporte de material de terreno de fundación	101
4.47. Cantidad de maquinaria de bulldozer para excavación	102
4.48. Selección de maquinaria para excavación de producción de materiales en yacimientos	102
4.49. Cantidad de maquinaria de cargador en conjunto con camión tolva	102
4.50. Selección de maquinaria para carguío y transporte de material de producción en yacimientos	103
4.51. Cantidad de maquinaria camión cisterna ida y vuelta	103
4.52. Selección de maquinaria para excavación de material relleno	103
4.53. Selección de maquinaria para construcción de rellenos	104
4.54. Cantidad de maquinaria camión mixer para transporte de hormigón del plinto	105
4.55. Selección de maquinaria para plinto	105
4.56. Cantidad de maquinaria camión mixer para transporte de hormigón de la pantalla	105
4.57. Selección de maquinaria para plinto	105
4.58. Resumen selección de maquinaria	106
4.59. Comparación de maquinaria estimativa según: Estudio de Impacto Ambiental, Presupuesto del Diseño SMI Ingenieros, Propuesto	110
5.1. Montos de variación efectiva de cada modificación de contrato	114

5.2.	Variación efectiva, modificación de contrato N°1	115
5.3.	Nuevo valor del contrato, modificación de contrato N°1	116
5.4.	Variación efectiva, modificación de contrato N°2	117
5.5.	Nuevo valor del contrato, modificación de contrato N°2	118
5.6.	Variación efectiva, modificación de contrato N°3	119
5.7.	Nuevo valor del contrato, modificación de contrato N°3	119
B.1.	Especificaciones para colocación y compactación de material en la Presa Pichi Picún Leufu	144
C.1.	Bandas granulométricas especificadas para materiales de relleno	145
E.1.	Aumentos de obras menores o iguales al 30 %, modificación de contrato N°1 .	151
E.2.	Aumentos de obras mayores al 30 %, modificación de contrato N°1	153
E.3.	Disminuciones de obras, modificación de contrato N°1	154
E.4.	Obras extraordinarias, modificación de contrato N°1	155
E.5.	Aumentos de obras menores o iguales al 30 %, modificación de contrato N°2 .	156
E.6.	Aumentos de obras mayores al 30 %, modificación de contrato N°2	157
E.7.	Disminuciones de obras, modificación de contrato N°2	158
E.8.	Aumento de obras extraordinarias, modificación de contrato N°2	160
E.9.	Disminución de obras extraordinarias, modificación de contrato N°2	161
E.10.	Obras extraordinarias nuevas, modificación de contrato N°2	161
E.11.	Aumentos de obras menores o iguales al 30 %, modificación de contrato N°3 .	163
E.12.	Aumentos de obras mayores al 30 %, modificación de contrato N°3	165
E.13.	Disminuciones de obras, modificación de contrato N°3	167
E.14.	Aumentos de obras Extraordinarias, modificación de contrato N°3	172
E.15.	Disminución de obras extraordinarias, modificación de contrato N°3	173
E.16.	Obras extraordinarias nuevas, modificación de contrato N°3	175

Índice de Ilustraciones

2.1. Excavadora. <i>Fuente:</i> Recuperado de página web Caterpillar. ¹	12
2.2. Retroexcavadora. <i>Fuente:</i> Recuperado de página web Caterpillar. ²	12
2.3. Cargador frontal. <i>Fuente:</i> Recuperado de página web Caterpillar ³	12
2.4. Topadora bulldozer. <i>Fuente:</i> Recuperado de página web Caterpillar ⁴	13
2.5. Mototraílla. <i>Fuente:</i> Recuperado de página web Caterpillar ⁵	14
2.6. Camión tolva. <i>Fuente:</i> Recuperado de página web Caterpillar ⁶	14
2.7. Motoniveladora. <i>Fuente:</i> Recuperado de página web Caterpillar ⁷	15
2.8. Tipos de rodillos compactadores. <i>Fuente:</i> Recuperados de página web Caterpillar ⁸	16
2.9. Camión aljibe. <i>Fuente:</i> Recuperado de página web de Camino, Technology for transport ⁹	16
2.10. Camión mixer. <i>Fuente:</i> Recuperado de blog constructoraj ¹⁰	16
2.11. Elementos y características de las modalidades de contratación de infraestructura pública. <i>Fuente:</i> CCHC (2015)	18
3.1. Ubicación presa del embalse Chironta. <i>Fuente:</i> Recuperado de “Diseño Embalse Chironta, Capítulo 1: Diseño muro de embalse, Tomo 3”, de SMI Ingenieros, 2011	32
3.2. Disposición de las obras del embalse Chironta. <i>Fuente:</i> Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 12	34
3.3. Esquema de parapeto embalse Chironta. <i>Fuente:</i> Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 14	35
3.4. Niveles de agua en el coronamiento del muro. <i>Fuente:</i> Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 15	35
3.5. Esquema del muro y sus materiales. <i>Fuente:</i> Recuperado de “Diseño Embalse Chironta, Capítulo 1: Diseño muro de embalse, Tomo 3”, de SMI Ingenieros, 2011	36
3.6. Esquema de plinto externo e interno. <i>Fuente:</i> Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 20	39
3.7. Sectores de extracción de material de empréstito. <i>Fuente:</i> Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 43	40
3.8. Esquema de Excavación en Cauce. <i>Fuente:</i> Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 44	41
4.1. Secuencia constructiva para material de escarpe y material del terreno de fundación. <i>Fuente:</i> Elaboración propia	46

4.2. Casos de excavación según nivel de avance. <i>Fuente:</i> Elaboración propia . . .	47
4.3. Secuencia constructiva para explotación de material de yacimientos. <i>Fuente:</i> Elaboración propia	48
4.4. Secuencia constructiva para la construcción de rellenos. <i>Fuente:</i> Elaboración propia	50
4.5. Equipo de compactación adecuado según el tipo de suelo. <i>Fuente:</i> Recuperado de Catálogo Caterpillar, 2000, p. 12-14	51
4.6. Casos de compactación según zona. <i>Fuente:</i> Elaboración propia	52
4.7. Figura explicativa del avance de la construcción de terraplenes en distintas zonas de la presa. <i>Fuente:</i> Elaboración propia	53
4.8. Orden del hormigonado de losas <i>Fuente:</i> Elaboración propia	56
4.9. Cambios de volumen del material durante procesos constructivos. <i>Fuente:</i> Elaboración propia	59
4.10. Factor de corrección por pendiente en bulldozer. <i>Fuente:</i> Catálogo Caterpillar, p. 1-45	70
4.11. Capacidades del cucharón de un equipo de carguío. <i>Fuente:</i> Recuperado de “Manual de Rendimiento Caterpillar”, 2000	74
4.12. Factores de llenado del cucharón de un equipo de carguío. <i>Fuente:</i> Recuperado de “Manual de Rendimiento Caterpillar”, 2000	75
4.13. Tiempos de ciclo vs. condiciones de la obra . <i>Fuente:</i> Recuperado de “Manual de Rendimiento Caterpillar”, 2000, p. 5-154	78
4.14. Tabla de rangos de tiempo de ciclo de excavadoras según tamaño de la máquina. <i>Fuente:</i> Recuperado de “Manual de Rendimiento Caterpillar”, 2000, p. 5-155	79
4.15. Distancia recorrida por la topadora bulldozer. <i>Fuente:</i> Elaboración propia. .	85
4.16. Carta Gantt, Parte 1	107
4.17. Carta Gantt, Parte 2	108
4.18. Carta Gantt, Parte 3	109
A.1. Dimensiones en perforación. <i>Fuente:</i> Recuperado de “Construction Planning, Equipment, and Methods”, de Peurifoy R., Schexnayder C., Schmitt R. y Shapira A., 2018	141
B.1. Presa Picún Leufú. <i>Fuente:</i> Recuperado de “Ingeniería de Presas de Escollera”, de Manuel E. Espinoza, 2010, p. 325.	144

Introducción

En la actualidad y desde hace ya muchos años, el país ha experimentado un déficit en recursos hídricos de manera recurrente, lo cual ha afectado la vida de muchas personas, principalmente, en zonas rurales.

Esto se debe posiblemente a múltiples causas. Una de ellas es una causa natural: el cambio de temperatura y disminución de precipitaciones que trae consigo el cambio climático. Otras causas tienen relación con el uso de los recursos hídricos obtenidos, o con la gestión de estos. Y, por último, existe otro factor responsable de la crisis hídrica y que puede ser abordado por parte de la ingeniería civil: la pobre infraestructura hídrica de la cual se dispone para almacenar estos recursos.

Así, algunos de los proyectos que cobran mayor importancia en el país, son los de construcción de embalses para almacenar agua, los cuales pueden tener distintos propósitos, entre ellos: entregar suministro para suplir necesidades agrícolas (de riego), proporcionar agua potable a la comunidad y otorgar suministro eléctrico.

La construcción de obras de este tipo implican grandes inversiones y, más aún, el retraso en su ejecución, eleva más estos montos, lo cual hace que se vuelva fundamental lograr eficiencia en la construcción de estos embalses. Sin embargo, en Chile, el cumplimiento de los plazos de construcción de estas obras no es algo habitual y, típicamente, se retrasan respecto de su planificación. En ese contexto, se vuelve interesante estudiar la planificación de la construcción de un embalse de agua con fines de riego, como lo es el embalse Chironta; el cual se encuentra actualmente en su etapa de ejecución en la región de Arica y Parinacota, a 70 *km* de la ciudad de Arica.

Para este trabajo de título se buscará analizar y revisar el programa de construcción para la presa Chironta, y proponer un nuevo programa, de manera de asegurar el cumplimiento de los plazos establecidos previamente. Al mismo tiempo, se identificarán las actividades que posiblemente puedan retrasar el avance de la obra, con el objetivo de recomendar medidas correctivas para evitarlo.

La metodología para la elaboración del nuevo programa consiste en determinar primero una planificación para la construcción de la presa. Con este fin, primero se describirán las principales actividades de la obra y la secuencia de sus procesos constructivos, así como el tipo de maquinaria necesaria para llevarlos a cabo. Luego, a partir de los plazos establecidos y de los volúmenes cubicados, se definirá el rendimiento requerido para cada actividad. Por otro lado, se determinarán los rendimientos de cada maquinaria, considerando opciones

con distinta capacidad, y se calculará el número de máquinas que cumplan el rendimiento requerido de cada actividad. Se seleccionarán las máquinas de capacidad tal, que se precisen una menor cantidad de ellas. Una vez seleccionadas las máquinas, se calculará la duración de cada actividad y se elabora el programa de construcción de la presa.

Además, se analizará la incidencia del tipo de contratación definido por parte del mandante en la eficiencia de este proyecto y cuáles son las ventajas y desventajas que tiene por sobre otros tipos de contratación. Esto se hará estudiando los tipos de contratación, y revisando y comentando la adjudicación del proyecto y las posteriores modificaciones de su contrato.

Por otro lado, es importante notar que, a pesar de la importancia de este tipo de obras, se tiene en general una mala percepción de ellas, ya sea por los impactos negativos que generan en el medio ambiente, como por las molestias que puedan ocasionar a las comunidades aledañas durante su construcción y/u operación. Debido a que estos proyectos pueden incluso paralizarse ante la oposición de la comunidad, es que se vuelve fundamental procurar una buena relación y comunicación con las comunidades locales y asegurar buenas medidas de mitigación, reparación o compensación ante los impactos negativos que se ocasionen en el medio ambiente.

En ese sentido, se realizará también un análisis del proyecto en materia ambiental. Para esto, por una parte, se detallarán algunas de las consultas ciudadanas más relevantes contenidas en la Resolución de Impacto Ambiental del proyecto y las respuestas técnicas entregadas por el titular. Por otra parte, se especificarán además los impactos ambientales del proyecto de embalse Chironta y sus medidas de mitigación, reparación y compensación, contenidas en la RCA, junto con un resumen de los permisos sectoriales solicitados.

Capítulo 1

Objetivos

1.1. Objetivos Generales

Realizar un análisis de la ejecución del proyecto embalse Chironta, estudiando la planificación de su construcción y definir una nueva propuesta para esta última, revisando y comentando su proceso de licitación y su plan en materia ambiental.

1.2. Objetivos Específicos

- Estudiar tipos de contratación y proceso de licitación usados en este tipo de proyectos por el MOP y analizar la repercusión del tipo de contratación usado en el proyecto Chironta en la materialización de su ejecución.
- Conocer sobre la rigurosidad en los planes o procedimientos en materia ambiental del proyecto de embalse Chironta. Analizar la relación con comunidades o participación ciudadana en la puesta en marcha del proyecto.
- Estudiar los procesos constructivos y la interdependencia entre ellos en presas de escollera con pantalla de hormigón en talud de aguas arriba.
- Aplicar los conocimientos adquiridos de planificación a la construcción de la presa Chironta, incluyendo metodología, secuencia y programa de actividades, y determinar la maquinaria y el programa de construcción necesarios para el cumplimiento de los plazos establecidos.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Contexto recursos hídricos en Chile

Según un estudio de World Resources Institute del Pacto Mundial de las Naciones Unidas, realizado el 2019, Chile se ubicaba en el puesto N°18 de 164, entre los países con mayor estrés hídrico. [1].

“Chile es un país rico en agua al comparar la disponibilidad per cápita nacional con el promedio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)”[14]. Sin embargo, aún así, el país lidera la crisis hídrica en America Latina, teniendo al 53 % de sus comunas declaradas en sequía hídrica, viviendo con agua racionada [1].

Son muchos las causas de esta crisis. De estas, según el estudio de “Transición Hídrica: El futuro del agua en Chile” [13], sólo el 12 % se debía a causas naturales como la disminución de precipitaciones y el retroceso de glaciares producto del cambio climático.

Por otro lado, el 44 % se debía a una mala gestión del recurso y su gobernanza, el 17 % al aumento de demanda por parte de actividades productivas y al sobreotorgamiento de derechos de agua y un 14 % a la contaminación del agua por el uso de productos químicos.

En ese sentido, cobra gran importancia la construcción de infraestructura hídrica para una mejor gestión de los recursos hídricos en Chile, de manera de garantizar el acceso al agua.

El año 2019, el gobierno lanzó un plan de 26 nuevos embalses en 9 regiones del país, que beneficiarían a 150 mil agricultores y comunidades rurales. La iniciativa contemplaba duplicar las hectáreas regadas del país. Dentro de este plan se encuentra el proyecto de embalse Chironta.

De los proyectos mencionados, a junio de 2022, 4 se encontraban avanzados y 22 en etapa de pre inversión [2]. El proyecto de embalse Chironta se encuentra aún en construcción y se sabe que a julio de 2022 presentaba ya un 96 % de avance [30].

2.2. Presas de escollera

Una presa de escollera es un dique formado mayormente por roca de diversos tamaños, que componen el elemento que proporciona estabilidad. Se pueden dividir en tres tipos: de pantalla, homogéneas y heterogéneas.

En las presas de pantalla, el terraplén se construye con material permeable y una pantalla fina de material impermeable en el paramento de aguas arriba, la cual debe ser menor a 3 m de espesor y actúa como barrera de filtración de agua. Esta pantalla puede ser de hormigón, tierra u otro material [33].

La construcción de este tipo de obras puede tener distintos propósitos, entre ellos: abastecimiento de agua potable comunidades o de agua para riego, generación de energía hidroeléctrica, control de inundaciones [15].

Las presas de escollera han demostrado ser una alternativa segura y económicamente eficiente frente a otros tipos de presas. Si bien los primeros registros sobre construcción de presas para almacenamiento de agua, datan de una era anterior a la cristiana (en el río seco Sadd-el-Kafara, cerca de El Cairo, construida hacia unos 2600 años AC) [15], hasta tiempos recientes, estas eran proyectadas por métodos empíricos, que concluían en numerosas roturas de presas y accidentes. Esto llevó a que se comenzaran a desarrollar mejores procedimientos, investigando cimientos y materiales de construcción, aplicando conocimientos ingenieriles y planificando y controlando la construcción [33].

En relación a las “Concrete Face Rock Fill Dams” (CFRD) o presas de escollera con pantalla de hormigón, se pueden encontrar documentos técnicos de diferentes estructuras de ellas desde principios del siglo XX o incluso antes.

La presa La Granjilla, de 13 m de altura y 460 m de longitud, fue construida tempranamente en España en 1660, con una cara impermeable de mortero y cal. La presa Saturnino de Brito, Minas Gerais, Brasil, fue construida a principios del siglo XX.

Las dos primeras CFRD compactadas fueron la presa de Nissastrom, de 15 m de altura, en Suecia (1950), y la presa de Quioch, de 38 m de altura, en Escocia (1954).

En Estados Unidos, la construcción de presas de escollera comenzó a principios de la era moderna, entre 1850 y 1870, realizando el sellado del paramento aguas arriba de las presas inicialmente con tablas de madera, aunque posteriormente se sustituyó por hormigón.

En Australia, la construcción de CFRD comenzó a fines de la década de 1960, destacando la construcción de la presa CFRD de Cethana, por su uso de compactación de enrocamiento y por los criterios utilizados para el dimensionamiento de la losa frontal.

Países como Francia, Alemania, Reino Unido, Portugal, España, Rumania, Albania, Grecia, Turquía, Bulgaria e Islandia, por mencionar algunos, también han construido CFRD con éxito. España ha desarrollado unos 22 proyectos CFRD desde los años 60, Francia construyó varias presas frontales de hormigón entre 1960 y 1980, en Turquía se terminaron dos presas de más de 100 m de altura en 2001. En Islandia, en 2007, se completó Kárahnjúkar CFRD (196 m), que destaca por sus técnicas constructivas innovadoras, producto de las condiciones

climáticas extremas de la zona.

Por otro lado, “en América del Sur, las técnicas de diseño y construcción de CFRD han contribuido, en las últimas tres décadas, al desarrollo de tecnología que ha sido utilizada en varios países. Chile fue el segundo país de América del Sur en adoptar los CFRD como alternativa a otras estructuras de presas con la Presa Caritaya (40 m, 1937). Posteriormente, se concluyó la CFRD Cogotí (85 m), en 1939. Otros proyectos chilenos importantes fueron los CFRD de Santa Juana (110 m, 1995), Corrales (70 m, 2000), Puclara (85 m, 2000), y El Bato (55 m), Ancoa (115 m) y Puntilla del Viento (105 m)” [9].

En Argentina se destaca la construcción de los CFRD Pichi Picún leufú (50 m), los Molles (46 m) y Potrerillos, que se construyeron sobre gruesos depósitos aluviales. En Perú, la construcción de la Presa Aguada Blanca (45 m, 1970) destaca por haber sido tratada con un frente de acero. En Ecuador, cabe mencionar el CFRD Mazar (166 m) construido en un cañón estrecho y muy asimétrico.

Brasil comienza con la construcción de CFRD, con una presa de 160 m de altura, que sería la más alta del mundo en ese momento y fue concluida en 1980. Luego de eso, se comenzaron a desarrollar numerosos proyectos CFRD en Brasil.

En África y Asia también existen varios ejemplos notables de CFRD a partir del siglo XX. En particular, es China el país que ha estado liderando el mundo en las últimas décadas, tanto en cantidad como en dimensiones de las presas CFRD que construyen. La primera presa de escollera con una losa aguas arriba en China fue la presa de Baihua, de 49 m de altura y construida en 1966. Adicionalmente, fue construida la presa de Shuibuya, la CFRD más alta hasta ese momento (2007) de 233 m de altura.

Técnicas modernas, como el uso de moldajes deslizantes en la losa de hormigón, se iniciaron en 1985, en la construcción del Xibeikou CFRD, de 95 m de altura. Así, cabe destacar que China, junto con Brasil, han sido los países líderes en el campo de la construcción CFRD [9].

2.2.1. Partes de una presa de escollera

Una presa debe ser segura y estable durante todas sus etapas. Para esto, deben cumplirse los siguientes puntos:

1. Debe evitarse posible rebalse, con aliviadero y desagües.
2. Taludes deben ser estables durante la construcción, incluyendo efecto de desembalse rápido.
3. El terraplén debe proyectarse sin imponer cargas excesivas a los cimientos.
4. Debe controlarse caudal de filtración a través de la presa, cimientos y estribos, para que no se produzcan erosiones internas y con ello desprendimientos. Debe controlarse la pérdida de agua por filtración para que no afecte el aprovechamiento planeado.
5. Terraplén debe tener resguardo para evitar desbordamientos por acción de olas.
6. Talud aguas arriba debe estar protegido contra erosión producida por olas y el coronamiento y talud de aguas arriba, de la erosión producida por viento y lluvia. [33]

Para cumplir los puntos mencionados, la construcción de la presa debe estar compuesta de distintas partes o zonas, las cuales se detallan a continuación.

Cimientos

Los cimientos corresponden al suelo del valle y de los estribos donde se construirá la obra. Todos los cimientos son diferentes y tienen sus propios problemas, por lo que requieren un tratamiento y preparación especial según sus falencias.

Existen tres tipos de cimientos: cimientos en roca, cimientos en material de grano grueso (arena y grava) y cimientos en material de grano fino (limo y arcilla).

Los cimientos de roca deben ser de roca dura y resistente, que no pueda ser ablandada o erosionada por el agua que se filtra de la presa; no debe tener fallas, fracturas o cualquier otra deficiencia estructural. Si el material de estos cimientos es impermeable y tiene buenas características estructurales, necesitará un mínimo tratamiento, que consiste en la excavación del área de cimientos para levantar la capa vegetal (escarpe). Si la capa superior es pequeña, se excava hasta el lecho rocoso.

El cimiento usualmente es una combinación de diversos materiales. El lecho, por ejemplo, normalmente es un cimiento de arena con grava, mientras que los estribos son rocosos con taludes muy inclinados si la roca está en la superficie o muy suaves si la roca está cubierta por depósitos profundos de arcilla o limo. En consecuencia, un proyecto de presa tiene diversos problemas de cimentación.

Los cimientos rocosos típicamente no presentan problemas de resistencia, pero si pueden presentar problemas debidos a erosión por filtración y excesiva pérdida de agua. Para esto, se deben tener en cuenta las inyecciones a presión para sellar fisuras, juntas y otras aberturas en el lecho hasta una profundidad igual a la del embalse.

Plinto

Debe establecerse una estanqueidad adecuada, a lo largo del contacto de la pantalla impermeable con los cimientos y los estribos en el pie de aguas arriba de la presa, para evitar la filtración por debajo de ella. En muchas presas, la estanqueidad viene asegurada por un plinto de hormigón, que penetra desde el pie de aguas arriba hasta el lecho rocoso.

La construcción del plinto varía según la solución geométrica y la posibilidad de un acceso adecuado. En algunos casos, es recomendable el diseño de un plinto con una losa exterior de 3 a 4 m y una losa interior para llegar a la distancia necesaria para cumplir con el requisito de pendiente [9].

La anchura del plinto viene impuesta por consideraciones constructivas. La profundidad a que debe penetrar en el lecho rocoso depende de las características del cimiento, pero debe ser de al menos 1 m. Es posible que sea necesario un plinto más profundo o un tratamiento especial, como por ejemplo inyecciones que impidan filtraciones por debajo del plinto, cuando la roca no es muy sana o está muy fracturada. Estas inyecciones deben proyectarse ignorando la aparente calidad de la roca, hasta que se haya realizado una exploración suficiente para conocer la verdadera calidad de esta.

Además de prevenir las filtraciones, el plinto proporciona el apoyo adecuado para el peso y el empuje de la pantalla de hormigón. [33]

“Logísticamente, el plinto debe excavar antes, durante la excavación de los túneles de desvío para permitir la continuidad de la construcción después del desvío del río. Sin embargo, la forma del valle y la cantidad de excavaciones a veces restringen la secuencia de los trabajos”.

Una vez construido el plinto, se puede iniciar la inyección de lechada. La perforación para la lechada se realiza normalmente con equipos de percusión [9].

Terraplenes

Los terraplenes son grandes acumulaciones de tierra o material que fue excavado. En el caso de la construcción de una presa o terraplén de contención, este es construido por capas hasta alcanzar la altura deseada.

De manera de minimizar los costos en su construcción, se suelen utilizar los materiales excavados disponibles, a pesar de que existan materiales de préstamo más adecuados.

Al excavar, existen materiales que se pueden aprovechar típicamente para distintas zonas de la presa, pero cuando se encuentran materiales con gran contenido de materia orgánica que contaminan suelos limpios, como lentejones de limo y arcilla, estos deben descartarse [33].

En presas de escollera, el material a utilizar puede ser roca sana bien graduada o de rocas duras bastante uniformes sin finos. En el caso de las presas con relleno de gravas, tiene varios casos de éxito. La compresibilidad de esta es, en general, mucho menor que la compresibilidad del escollera.

Cuando se utilizan gravas y escollera mezcladas, las gravas se colocan en la zona de aguas arriba y el enrocado en la zona de aguas abajo. Dada la gran diferencia de compresibilidad entre estos materiales, es necesario un cuidado especial en las partes altas de la presa donde su ancho disminuye [9].

Durante la construcción de los terraplenes, las capas son niveladas y compactadas de manera de asegurar la estabilidad del terraplén. La maquinaria a utilizar dependerá de las características del tipo de relleno utilizado.

“Los equipos de construcción y las técnicas de construcción se definen de acuerdo con la zonificación de la presa” [9].

Pedraplén

La colocación de la escollera es una de las operaciones más importantes en la construcción de presas de esta clase, puesto que es esencial minimizar el asiento total y la posibilidad de dañar la pantalla impermeable. El asiento se realiza en dos etapas; la primera, que es la mayor, tiene lugar durante la construcción del pedraplén; en ella, el asiento no afecta a la seguridad de la pantalla impermeable, pues generalmente esta no se construye al mismo tiempo que el pedraplén. Debe colocarse la pantalla después de vertida la escollera, cuando

haya tenido lugar el asiento debido al peso de la misma; la segunda etapa del asiento se produce al llenar el embalse y en ella se transmite el empuje del agua a la escollera.

En la mayoría de las grandes presas de escollera, se colocó esta en capas que variaban de 20 a 40 m de espesor y al mismo tiempo se proyectó agua a gran velocidad para facilitar el deslizamiento de la roca durante la colocación y para ayudar a su compactación.

Pantalla

Las presas con pantalla se recomiendan cuando se dispone de escaso material impermeable. La pantalla debe ser idealmente de material manufacturado y colocarse en el talud de aguas arriba del terraplén.

El material permeable a utilizar en la presa debe ser tal, que pueda compactarse proporcionando un muro estable y admitiendo pequeños asentamientos luego de su construcción.

Coronación

La coronación corresponde a la superficie superior de la presa. Debido a los equipos de construcción adecuados, la anchura mínima de la coronación es de 3,5 m. Sin embargo, en algunas ocasiones, la anchura puede estar determinada por la necesidad de instalar un camino sobre la coronación.

Debe colocarse algún recubrimiento sobre la coronación para protegerla contra posibles daños producidos por las olas o lluvia, por el viento y el desgaste producidos por el tráfico cuando se emplea como carretera.

Drenaje superficial

Aunque los taludes y la coronación estén protegidos, se producen desagradables tormentas en las zonas de contacto de la presa con los estribos, de los cuales se ha quitado la vegetación durante las operaciones de construcción, especialmente si los estribos son escarpados.

Esta situación suele producirse más frecuentemente en las zonas del talud de aguas abajo con los estribos. La tormenta puede controlarse, construyendo, a lo largo de la zona de contacto, una cuneta de roca o de cantos rodados.

Asimismo, se debe proyectar la construcción de zanjas de descarga o canales para conducir el agua de drenaje lejos del talud de aguas abajo de la presa, de forma que no se produzcan zonas pantanosas [33].

2.2.2. Movimientos de tierra y hormigonado en la construcción de una presa de escollera

El movimiento de tierras consiste en el conjunto de actividades a realizar en un terreno para la ejecución de una obra, ya sea de forma manual o de forma mecánica por medio de maquinaria especializada.

El movimiento de tierras dependerá de la topografía del emplazamiento de la obra y de las características de la obra a construir (dimensiones y materiales).

En el caso de la construcción de una presa, se tienen dos principales movimientos de tierra: excavaciones y construcción de terraplenes, los cuales se describen a continuación:

Excavación

Son todas aquellas actividades en que se extraen materiales desde sitios determinados, hasta llegar a cierta cota.

Las excavaciones son llevadas a cabo de acuerdo al diseño de la obra previamente elaborado, utilizando maquinaria según características del suelo y del lugar, tipo de terreno y la tarea específica a realizar (excavar, cargar o transportar).

Existen distintos tipos de excavaciones y es necesario tomar en cuenta estas diferencias a momento de planificar los métodos de excavación y escoger la maquinaria para llevarla a cabo. Las excavaciones se diferencian según el material a excavar: material común o roca. También se diferencian según su propósito: excavaciones de material a descartar en terreno de fundación o excavaciones para producción de material de relleno en el sector yacimientos. Finalmente, también se debe diferenciar entre excavaciones abiertas y excavaciones subterráneas.

Construcción de terraplenes

Los terraplenes son grandes acumulaciones de tierra o material que fue excavado. En el caso de la construcción de una presa o terraplén de contención, este es construido por capas hasta alcanzar la altura deseada. Las capas son niveladas y compactadas de manera de asegurar la estabilidad del terraplén. La maquinaria a utilizar dependerá de las características del tipo de relleno utilizado [33].

“El equipo de construcción típico utilizado para el transporte, colocación y compactación de materiales de la zona 2B (la zona de amortiguación para las losas de cara) en presas altas debe poder manejar grandes volúmenes. En general, el transporte de los materiales procesados a la presa se realiza en camiones articulados de 20 a 25 toneladas que se cargan mediante cargadores frontales con capacidad compatible con las unidades de transporte. Es útil crear una pila de material que contenga del 20 % al 30 % del volumen total a colocar, ya que la demanda de este material aumenta a mayor altura. También se utilizan niveladoras y/o bulldozers para esparcir materiales, así como rodillos vibratorios de 6 toneladas para la compactación.”[9].

La colocación del material de la zona 2B ha provocado segregación durante las actividades de descarga y esparcimiento en algunas presas, especialmente cuando se utilizan gravas, que tienden a rodar más, cuando el material se descarga de camiones cerca del borde de talud de aguas arriba o cuando se descarga de manera perpendicular al eje de la zona.

Existe un método que minimiza la segregación y que consiste en la construcción de un bordillo extrusionado antes de la construcción de una capa del material 2B. Esto también elimina o minimiza las actividades de perfilado en la cara de aguas arriba [9].

Hormigonado de pantalla

En cuanto a la preparación de la cara del paramento de aguas arriba, cuando se utiliza bordillo extruido, se simplifican bastante las tareas a realizar. Se emplea una máquina extrusora que usa una mezcla baja de cemento. La altura del bordillo extruido varía entre 30 cm y 50 cm y sigue la siguiente secuencia:

1. Nivelación de capa compactada
2. Construcción del bordillo extruido utilizando molde metálico, con altura de capa y pendiente del paramento.
3. Uso de una mezcla seca para concreto
4. Control de la alineación de la máquina mediante equipo láser.
5. Después de una hora de iniciación, el material de la zona 2B se puede esparcir.

Ahora, respecto de la construcción de la pantalla se sabe que:“en los últimos años, la construcción de la losa cara del paramento de aguas arriba ha pasado del diseño tradicional de paneles cuadrados separados por juntas de compresión a una colocación continua de los paneles mediante encofrados deslizantes” [9].

La losa en contacto con la junta perimetral se construye primero para ayudar a levantar el encofrado deslizante, y luego, la losa principal se realiza mediante encofrado deslizante después de instalar el acero de refuerzo.

El hormigón que llega a la obra se transporta a la parte superior de la losa mediante camiones mixer, descargando en tolvas , y de ahí, en conductos metálicos colocados directamente sobre el acero de refuerzo [9].

2.2.3. Maquinaria para movimiento de tierras en construcción de presas

En la construcción de una presa se requiere considerar el uso de diversa maquinaria de construcción para llevar a cabo las actividades principales de esta obra, las cuales son: movimiento de tierras (excavación, carguío, transporte, compactación) y hormigonado. A continuación, se detalla la función de los equipos típicos que se pueden utilizar para esto:

Equipos de excavación, carguío y transporte

- Excavadora: Máquina montada sobre ruedas o sobre orugas que gira en 360° y excava bajo la superficie sobre la cual trabaja, con una cuchara que arrastra los materiales y los arranca. Típicamente utilizada para la excavación de zanjas y pozos. Un ejemplo de excavadora se muestra en la figura 2.1.



Figura 2.1: Excavadora. *Fuente:* Recuperado de página web Caterpillar. ¹.

- Retroexcavadora: Máquina que excava con la pala en dirección opuesta a la dirección de avance de la máquina y tiene un balde cargador montado en la parte delantera. Es adecuada para hacer pozos, zanjas, trincheras y otras obras en que sea necesario un control sobre las profundidades que se desea lograr. Un ejemplo de retroexcavadora se muestra en la figura 2.2.



Figura 2.2: Retroexcavadora. *Fuente:* Recuperado de página web Caterpillar. ².

- Cargador frontal: Tractor equipado con una cuchara o balde de carga en el frente y diseñado para carguío de vehículos de transporte. Se utilizan principalmente para el movimiento de grandes volúmenes de tierra dentro de la obra o para acumularlos en alguna zona específica o para excavar materiales blandos. Un ejemplo de cargador se muestra en la figura 2.3.



Figura 2.3: Cargador frontal. *Fuente:* Recuperado de página web Caterpillar ³.

¹Disponible en https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/excavators.html

²Disponible en https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/backhoe-loaders.html

³Disponible en https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/wheel-loaders.html

- Topadora (bulldozer): Tractor equipado con una cuchilla fija frontal que empuja la tierra a medida que avanza. Puede llevar un escarificador que se hinca en el terreno duro para romperlo antes de empujar. Esta máquina suele utilizarse en actividades como: limpieza del terreno, apertura de brechas en terrenos rocosos, movimientos de tierras en estanques, cortes carreteros u otros, esparcimiento de rellenos de tierras y limpieza de escombros en sitios de construcción.

Existen distintos tipos de hoja para el tractor, que se escogen dependiendo de la función principal que cumplirá la máquina. Los principales tipos de hoja son:

- Hoja “U” (universal): Se usa en tractores grandes. Sus amplios flancos laterales facilitan el empuje de grandes cargas a largas distancias como en trabajos de recuperación de terrenos, apilamiento, alimentación de tolvas y amontonamiento para cargadores. No tiene muy buena penetración, por lo que no es recomendable para trabajos de corte agresivo. Es excelente con material liviano o más fácil de empujar. Con un cilindro de inclinación, retiene algo de la versatilidad de la Hoja “S”, mejora su capacidad para abrir zanjas, para nivelar, y su fuerza de desprendimiento.
- Hoja “S” (recta): Se usa en tractores pequeños y medianos. Es la más adaptable de todas. Tiene menor capacidad de carga que las hojas “U”, por ende, es más fácil de maniobrar, y puede empujar una gran variedad de materiales. Tiene mejor penetración y puede mover con facilidad materiales densos.
- Hoja “SU” (semiuniversal): Combina las mejores características de las hojas “S” y “U”. Tiene alas cortas añadidas (sólo en las cantoneras) que mejoran su capacidad de carga y conservan la habilidad de penetrar y cargar con rapidez materiales muy compactados. Un cilindro de inclinación aumenta la productividad y versatilidad de esta hoja.
- Hoja “CD”: Se usa para tractores topadores transportadores. Tiene una forma de “cucharón” que le permite transportar varios metros cúbicos de material. La hoja CD no es tan eficaz como las hojas “U” y “SU” en materiales muy comprimidos o poco dinamitados y tiene más problemas de material retenido en la hoja al trabajar con materiales pegajosos.
- Hoja “P” (orientable e inclinable a potencia): La versatilidad es la característica principal de esta hoja. Puede inclinarse mecánicamente hacia adelante para obtener mejor penetración o para desmenuzar material pegajoso o hacia atrás para conseguir mayor productividad y lograr mejores resultados en el nivelado.

Un ejemplo de topadora se muestra en la figura 2.4.



Figura 2.4: Topadora bulldozer. *Fuente:* Recuperado de página web Caterpillar ⁴.

- Traílla o “scraper”: Máquina capaz de cargar, acarrear y descargar materiales sin depender de otros equipos, generalmente tiradas por un tractor. Se utiliza para cortar capas uniformes de terrenos de una consistencia suave. Un ejemplo de traílla se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5: Mototraílla. *Fuente:* Recuperado de página web Caterpillar ⁵.

- Camión tolva: Vehículo montado sobre un chasis y con una caja o tolva que transporta, vuelca y/o esparce materiales. Es apto para usar tanto dentro como fuera de carretera y son las máquinas más comúnmente usadas para el movimiento de materiales. Un ejemplo de este vehículo se muestra en la figura 2.6.



Figura 2.6: Camión tolva. *Fuente:* Recuperado de página web Caterpillar ⁶.

Equipos de nivelación, humectación y compactación

Los equipos de compactación imparten energía mecánica a los materiales para mejorar su capacidad de carga o modificar sus propiedades, por ejemplo, bajando la permeabilidad, reduciendo el asentamiento y/o aumentando la fuerza. El equipo de compactación debe adaptarse al tipo de material que se manipula [32].

Las cuatro fuerzas que se usan para compactar son: carga estática, vibración, impacto y amasado. Cada equipo de compactación ejerce una o más de estas fuerzas para compactar el material.

A continuación se presentan los equipos de nivelación y compactación de suelos usualmente utilizados en la construcción de terraplenes en presas de tierra.

⁴Disponible en https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/dozers.html

⁵Disponible en https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/wheel-tractor-scrappers.html

⁶Disponible en https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/off-highway-trucks.html

- Motoniveladora: Máquina que contiene una gran pala horizontal entre las ruedas delanteras y traseras y esta pala se baja al suelo mientras se trabaja. Se utiliza principalmente para nivelar la superficie del suelo. Un ejemplo de motoniveladora se muestra en la figura 2.7.



Figura 2.7: Motoniveladora. *Fuente*: Recuperado de página web Caterpillar ⁷.

- Compactador: Máquina que tiene uno o más cilindros metálicos (tambores) o neumáticos, que compactan materiales, mediante la acción de rodadura y/o de vibración del dispositivo de compactación. A continuación, se detallan las características de los distintos tipos de compactadores.
 - Rodillo pata de cabra: Compactan por amasado. Su tambor tiene bloques o patas que penetran el suelo superior compactando la capa de suelo siguiente. Se usa principalmente para la compactación de suelos altamente plásticos en grandes áreas.
 - Rodillo liso vibratorio: Compactan por carga y vibración. El aumento de la densidad se debe a la vibración generada y es función de la frecuencia de los golpes y fuerza del período de tiempo en que los golpes son aplicados. Suelos sin cohesión como arena, grava y rocas granuladas relativamente más pequeñas, responden bastante bien a este tipo de compactación.
 - Rodillo de ruedas neumáticas: Compactan por amasado (suave). La intensidad de las fuerzas de compactación se regula variando la presión de inflado de los neumáticos. Se usa principalmente para la compactación de asfalto, sellos de viruta, pavimento reciclado y materiales de base y subbase.
 - Placas compactadoras vibratorias y compactadores neumáticos: Sus tamaños se adecuan a las necesidades de la obra para la cual se utilizarán (por ejemplo, para la compactación de espacios reducidos).

En la figura 2.8 se exponen imágenes de los distintos tipos de rodillos.

⁷Disponible en https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/motor-graders.html



(a) Rodillo pata de cabra



(b) Rodillo liso vibratorio



(c) Rodillo de ruedas neumáticas

Figura 2.8: Tipos de rodillos compactadores. *Fuente:* Recuperados de página web Caterpillar ⁸.

- Camión aljibe o cisterna: Equipo que se utiliza para el transporte y/o el riego de fluidos; entre ellos, el agua. Un ejemplo de este vehículo se muestra en la figura 2.9.



Figura 2.9: Camión aljibe. *Fuente:* Recuperado de página web de Camino, Technology for transport ⁹

Equipos de hormigonado

- Camión mixer: Mezcladora de concreto, montada sobre un camión. Puede cumplir funciones como mezcladora, como transportador de premezclado o también como agitador. Un ejemplo de camión mixer se muestra en la figura 2.10. [35]



Figura 2.10: Camión mixer. *Fuente:* Recuperado de blog constructoraj ¹⁰

⁸Disponibles en https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/compactors.html

⁹Chasis disponible en http://www.frenoscaminos.com/productos_Cisternas-para-riego-sobre-camion_43.html

¹⁰Disponible en <http://constructoraj.blogspot.com/>

2.3. Contratación en obras públicas

De acuerdo a las ideas de Ricketts (2002) citadas en [36], cuando el Estado decide realizar la construcción y/o concesión de una obra de infraestructura surgen diversos problemas, contratando para ello una empresa privada. El autor afirma que estos problemas se presentan cuando las transacciones se caracterizan por poseer una estructura de información asimétrica, es decir que una de las partes está mejor informada que la otra, lo que genera importantes costos de transacción.

Existen varios tipos de contratación según el alcance del servicio contratado. En este caso, se contrastarán dos tipos:

2.3.1. Contratación de obras de infraestructura pública no concesionada y contratación de obras de infraestructura pública concesionada

La “contratación de obras de infraestructura pública no concesionada” corresponde a todas aquellas situaciones en que la normativa vigente permite al Estado/administración contratar con un particular la ejecución, reparación o conservación de una obra pública sin que exista explotación de la obra con posterioridad a su ejecución.

Tratándose de cualquier contrato de obra pública que no corresponda a la concesión, hemos indicado que la regla general de adjudicación es la licitación pública. El Art. 5° de la Ley N° 19 886 señala: “la administración adjudicará los contratos que celebre mediante licitación pública, licitación privada o contratación directa. La licitación pública será obligatoria cuando las contrataciones superen las 1000 Unidades Tributarias Mensuales, salvo lo dispuesto en el Art. 8° de esta Ley”.

Por otro lado, la “contratación de obras de infraestructura pública concesionada” corresponde a todas aquellas situaciones en que la normativa vigente permite al Estado/administración contratar con un particular la ejecución, reparación o conservación de una obra pública, permitiendo su explotación con posterioridad a su ejecución.

2.3.2. Comparación entre mecanismos de adjudicación, ejecución y solución de controversias en contratos de obras de infraestructura pública no concesionada y obras de infraestructura pública concesionada

Los procesos de adjudicación de contratos de obra pública en general y de contratos de obra pública concesionada disienten en varios aspectos que contribuyen a que los particulares cuenten con más o menos incentivos a participar de los procesos de licitación pública respectivos y a cumplir adecuadamente las condiciones pactadas en el contrato adjudicado.

A continuación, en la figura 2.11 se presentan las diferencias para entre modalidades de contratación.

Elementos y características de las modalidades de contratación	Obras de Infraestructura Pública en General (No concesionada)	Obras de Infraestructura Pública Concesionada
Mecanismo de adjudicación (Licitación)		
Tipo de licitación	Pública sin iniciativa privada	Pública con y sin iniciativa privada
Otras modalidades de adjudicación	Licitación Privada, Trato Directo	No tiene
Autorización de la licitación	Autoridad que corresponda	Son autorizadas por el MOP
Requisitos de participación	Inscripción vigente en registros respectivos	No les afecten impedimentos ni inhabilidades
Tipos de ofertas	Técnicas y económicas	Técnicas y económicas
Modalidades de las ofertas económicas	Administración delegada, precios unitarios, suma alzada, o combinación de estos dos últimos	No contempla
Capacidad económica del oferente	Sobre 10% del valor del proyecto	Se exige en términos generales según complejidad del proyecto
Garantías del proceso de licitación	De seriedad de la oferta	De seriedad de la oferta
Organismo que evalúa las ofertas	Comisión de Evaluación conformada por 3 profesionales	Comisión de Evaluación conformada por profesionales representantes del MOP
Adjudicación	La realiza la autoridad que corresponda	La realiza el MOP
Mecanismos de ejecución y cumplimiento de los contratos		
Garantías del contrato de adjudicación	Garantía de fiel cumplimiento del contrato; Garantía adicional	Garantía de explotación y Garantía de construcción
Seguros	Póliza de seguro cuando el monto de la propuesta aceptada fuere inferior en más de un 15% del presupuesto oficial. Garantía o póliza de seguro que cubra daños a terceros	Pólizas de seguro que cubran la responsabilidad civil por daños a terceros y los riesgos catastróficos que puedan ocurrir durante el periodo de concesión.
Posibilidad de subcontratación de las obras	Sí, pero solo parte de ellas	Sí, con limitaciones contenidas en las bases de licitación
Contempla aumentos o variaciones en las obras de ejecución del contrato	Sí, pero no más del 35% valor inicial del contrato y siempre por disposición de la autoridad	Sí, siempre que no implique modificación en las condiciones económicas del contrato y las modificaciones, superando el 20% del presupuesto oficial de la obra, sean de interés público
Posibilidad de suscripción de convenios complementarios para la modificación de obras	No	Sí, si la obra resultare insuficiente para la prestación del servicio
Mecanismos de fiscalización y solución de controversias		
Mecanismo de fiscalización	Inspección fiscal	Inspección fiscal
Resolución de controversias por interpretación del contrato	Son resueltas y tramitadas por la autoridad que adjudicó el contrato conforme a las normas de la Ley de Bases de Procedimiento Administrativo	Panel Técnico (emite opinión sobre aspectos técnicos o económicos sobre la ejecución del contrato de concesión) y Comisión Arbitral o Corte de Apelaciones de Santiago

Figura 2.11: Elementos y características de las modalidades de contratación de infraestructura pública. *Fuente: CCHC (2015)*

Cabe destacar que el mecanismo de adjudicación para la contratación de infraestructura pública concesionada contempla posibilidades de iniciativa privada que no se identifican en el otro mecanismo.

Por otra parte, como se observa en el artículo 1° del RCOP (Reglamento para Contratos de Obras Públicas), podrán participar de las licitaciones públicas los contratistas inscritos en los registros del Ministerio de Obras Públicas y en el Registro Nacional de Contratistas del MINVU, según sea el caso. Los requisitos a cumplir son principalmente: experiencia, capacidad económica, calidad profesional, personal profesional.

Al respecto, no se identifica una disposición similar para participar de los procesos de licitación para obras de infraestructura pública concesionada, ya que para estos casos el requisito de estar registrado se aplica a la etapa de ejecución de la obra concesionada.

Así, se observa que los procesos de licitación de infraestructura pública concesionada presentarían cierto grado de flexibilidad respecto de las no concesionadas.

Además, con posterioridad a la adjudicación del contrato de obra pública no concesionada, la ejecución del proyecto debe ser llevada a cabo por la empresa a la que se le adjudica el contrato de obras de infraestructura pública. Para el caso de obras públicas no concesionadas, esta ejecución puede ser llevada a cabo a través de un consorcio de empresas.

Toda adjudicación (para cualquier tipo de obras) contempla la entrega de ciertas garantías que den certeza de la correcta ejecución y cumplimiento de las disposiciones del contrato. Para el caso de contratos de obra pública concesionada, las garantías consideradas son las de construcción y explotación y, para el caso de contratos de obra pública no concesionada, las garantías consideradas son la de fiel cumplimiento del contrato.

Una importante diferencia entre los distintos tipos de garantía exigidas es que para el caso de obras públicas no concesionadas dicha cuantía y plazos se encuentran prefijados por el RCOP pudiendo ser modificados en las bases de licitación respectiva y, para el caso de obras públicas concesionadas, la cuantía y plazos son fijados en las bases de licitación. El grado de flexibilidad en la fijación de cuantía y plazos podría ser un elemento que contribuye a que los contratos de obra pública concesionada estén adecuados a las características reales de una propuesta de iniciativa privada.

Asimismo, de acuerdo con el artículo 36 del RCOP, se establece la obligación de que la sociedad concesionaria adjudicada tome pólizas de seguros que, previamente descritas en las bases de licitación, cubran las responsabilidades originadas por perjuicios causados a terceros durante la ejecución de las obras y su explotación. Para las empresas contratistas de obras públicas no concesionadas, la ley no contempla dicha obligación.

Finalmente, se observa que la intervención de instituciones abocadas a la solución de controversias entre los particulares y el MOP no se observan como una alternativa en los contratos de obra pública no concesionada, lo que traslada los conflictos de interpretación del contrato y su ejecución a un entorno de carácter administrativo caracterizado por la interacción entre el MOP, los contratistas adjudicados y el inspector fiscal encargado.

2.4. Proceso de licitación en obras públicas

La Licitación es el procedimiento mediante el cual se solicitan a proponentes inscritos en el Registro de Contratistas del MOP, o precalificados si es el caso, cotizaciones para la ejecución de una obra pública.

El concepto de licitación abarca una amplia gama de mecanismos. Uno de ellos y los comúnmente usados para licitadores que realizan estos procesos con frecuencia, como es el caso del MOP, son las subastas, en las cuales solo se considera la variable económica al momento de definir el ganador.

Las subastas son mecanismos de asignación que presentan propiedades deseables, ya que a través de ellas se puede perseguir objetivos de optimalidad y eficiencia y constituyen procesos

más transparentes que los mecanismos alternativos porque permiten revelar información y son capaces de simular características de mercados competitivos. Además, las subastas también incorporan variables técnicas, por ejemplo, a través de sistemas de precalificación sobre la base de criterios y/o estándares técnicos preestablecidos (Harrison y Muñoz, 2011), tal como se usa en el sistema de contratación de obras públicas en Chile.

En general, el proceso de una licitación consta de cuatro componentes principales: el licitador, el mecanismo de asignación, un licitante representativo y una eventual autoridad.

A continuación, se presentan las etapas de los procesos de licitación para obras públicas.

Ministerio de Obras Públicas (MOP)

El proceso licitatorio consta de una evaluación técnica y una evaluación económica, en un proceso que comienza con la calidad de inscrito en el Registro de Contratistas del MOP de cada postulante. El Registro General de Contratistas del MOP se subdivide en Registro de Obras Mayores y Registro de Obras Menores. Para pertenecer a algunos de estos registros se debe acreditar experiencia en determinadas especialidades, según el registro particular al cual se desea postular.

1. Revisión y evaluación oferta técnica:

Es la primera etapa del proceso de licitación. La Comisión de evaluación verifica la correcta presentación y cumplimiento de los requisitos técnicos solicitados a los proponentes en las bases de licitación. La falta de alguno de ellos implica la descalificación del contratista. Existen requisitos, como, por ejemplo: la nómina de la totalidad de obras iniciadas o por iniciarse, declaración de revisión de antecedentes, visita a terreno y conformidad, programa de trabajo, análisis de precios unitarios, programa ocupacional de la mano de obra, entre otros.

2. Evaluación oferta económica:

En esta etapa solo se evalúa a los contratistas que técnicamente están aprobados y tiene como fin seleccionar la oferta económica más conveniente. Esta evaluación se divide en dos etapas. La primera de ellas es la precalificación de la oferta económica más conveniente para el MOP, en la que se escoge la oferta de menor valor. Si el contrato es a precio unitario, se puede realizar con o sin análisis de variaciones eventuales de cantidad de obras. La segunda y última etapa corresponde a la validación aritmética de la oferta preseleccionada, donde se revisa la existencia de errores en los productos de las cantidades de obras. En el caso de que estos no existan, la oferta precalificada es la adjudicada. En el caso contrario, los errores son corregidos y se verifica el valor final de la oferta. Si se obtiene un valor corregido menor al presentado originalmente, prevalece el menor y se consulta al oferente si mantiene o no su oferta. De mantenerla se adjudica el contrato, de otro modo se retorna a la primera etapa. Si es mayor se vuelve al proceso de precalificación.

3. Calificación del contratista:

Con el objeto de servir de antecedente al momento de adjudicar un contrato, el Departamento de Registros de la DGOP lleva una hoja de vida de cada contratista inscrito en la cual se consigna toda observación relativa al cumplimiento de los plazos, bases administrativas y especificaciones. Esto se realiza una vez terminada la obra, evaluándose:

calidad de construcción; cumplimiento de plazos; cumplimiento de las bases administrativas y cumplimiento de normas de prevención de riesgos y accidentabilidad. La nota obtenida puede ser apelable y es considerada para futuras sanciones o estímulos, como bajas o ascensos de categorías o suspensiones. Esta evaluación la realiza el inspector técnico de la obra.

Coordinación de concesiones de obras públicas, Ministerio de Obras Públicas

Las licitaciones de obras concesionadas se rigen por un marco legal establecido en la Ley y Reglamento de Concesiones de Obras Públicas, DS MOP N^o 900, el cual estipula los procesos a ser desarrollados y los aspectos mínimos analizados en la licitación.

1. Proceso de precalificación:

Esta etapa está presente en licitaciones que, a juicio del MOP, contengan obras que revistan especiales características de complejidad, magnitud o costos. Se evalúan requisitos económicos, como la certificación de un patrimonio contable mínimo y requisitos de experiencia (m² construidos) en construcción en determinadas áreas. Una vez que los interesados cumplan con lo especificado en las respectivas bases, pasan a ser parte del Registro Especial Internacional (REI).

2. Evaluación oferta técnica:

Esta etapa se presenta en todas las licitaciones de obras concesionadas. Se divide en antecedentes generales y antecedentes técnicos, los cuales dependen de las características del proyecto y se encuentran estipulados en las respectivas bases de licitación. En el primer grupo de antecedentes se presentan documentos como la identificación del licitante o grupo licitante, la garantía de seriedad de la oferta, entre otros, para los cuales se revisa el cumplimiento o no de estos. Como antecedentes técnicos se solicitan documentos tales como la aceptación de estudios referenciales, el plan de operación, entre otros, los cuales son evaluados con notas entre 1 y 7 por la comisión de evaluación. Ambas evaluaciones son realizadas y ponderadas según lo estipulado en las respectivas bases, obteniéndose de esta forma el puntaje de evaluación técnica. Cabe mencionar que, en el caso de no existir proceso de precalificación, es en esta etapa en la cual se solicitan los antecedentes económicos, legales y técnicos.

3. Evaluación oferta económica:

Son considerados los licitantes con ofertas técnicas aceptables. Se evalúan aspectos como la estructura tarifaria, el plazo de concesión, los subsidios del Estado, el puntaje total o parcial obtenido en la calificación técnica, otros servicios adicionales, el premio al postulante, entre otros aspectos. Las ponderaciones de cada uno de ellos dependen del tipo de proyecto y sus objetivos. La ponderación de los puntajes da como resultado un puntaje final del oferente.

4. Adjudicación:

Finalmente, el licitante que obtenga el mayor puntaje será notificado de este y consultado por la validación de su adjudicación, la que, una vez aceptada, será publicada en el Diario Oficial.

2.5. Estándares de sustentabilidad en construcción de presas

Según el informe final del proyecto “Estándares internacionales de sustentabilidad para la hidroelectricidad y posibilidades de implementación en Chile” [24], la Comisión Mundial de Represas WCD (2000), el primero, mayor y más serio intento a la fecha para lograr un marco conceptual comprensivo, que permita alcanzar la sustentabilidad de proyectos de represas (también los hidroeléctricos) enfatiza 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. Nelson (2013) revisa críticamente la aplicación que ha tenido el concepto de gestión integrada de cuencas (esto es, considerando a la vez energía, recursos hídricos y gestión ambiental) en Chile, en los últimos 50 años.

Es importante destacar el rol que debe jugar la planificación estratégica y la gestión integrada de cuencas, 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.

La WCD (2000), en su revisión global de presas, indica que pueden ocuparse cinco medidas principales para abordar sus impactos sobre los ecosistemas:

- i. Evitar impactos anticipados seleccionando un proyecto (esto es, un lugar) adecuado.
- ii. Minimizar los impactos alterando el diseño o la operación de un proyecto ya decidido en un cierto lugar.
- iii. Incorporar medidas de mitigación, ya sea en el diseño u operación de un proyecto nuevo o existente, de modo de aminorar sus impactos a niveles aceptables.
- iv. Compensar impactos residuales inevitables, mejorando ecosistemas aguas arriba de la presa o en otras cuencas.
- v. Restaurar aspectos (de la estructura y/o funcionamiento) de los ecosistemas ribereños).

Existen muchos estándares internacionales que tratan parcial o totalmente los descriptores expuestos. Para efectos de este informe, sólo se considerarán dos estándares. Uno de ellos es la Política Operativa sobre Pueblos Indígenas (PPI) del BID. Este se evaluará debido a la importancia de este descriptor para el proyecto Chironta, producto de la presencia de pueblos indígenas entre las comunidades afectadas por el proyecto. El otro estándar a considerar es el Informe de la Comisión Mundial de Represas (WCD, 2000), que abarca todos los descriptores y es específico para proyectos de presas.

A continuación, se detallan los estándares mencionados.

2.5.1. Política Operativa sobre Pueblos Indígenas (PPI) del BID – OP 765 (BID, 2006, Estados Unidos)

Son políticas de desarrollo que tratan los derechos y las inquietudes de pueblos indígenas. Su objetivo es establecer objetivos de largo plazo, principios, requerimientos, condiciones,

y reglamentos para actividades del Banco relacionadas con pueblos indígenas. Busca crear condiciones en las cuales los pueblos indígenas puedan desarrollarse en armonía con su entorno mediante el uso de su potencial cultural, natural y social conforme a sus propias prioridades.

La PPI es aplicable a un proyecto si hay presencia indígena en su ámbito de influencia, y potencial afectación de estos pueblos.

Es de carácter no vinculante a nivel general. Es política vinculante sólo para proyectos de desarrollo financiados por el BID.

i. Procedimiento de aplicación:

- (a) Medidas estratégicas para los procesos de programación y estrategia de país: Este conjunto de acciones tiene por objeto identificar oportunidades para promover activamente la inclusión del desarrollo con identidad de los pueblos indígenas en las agendas de desarrollo de los países y en la cartera del Banco.
- (b) Medidas operativas para revisión socio-ambiental durante el ciclo de proyectos: Esta parte orienta sobre procedimientos de aplicación de la PPI durante las fases de un proyecto. En una primera etapa, estos procedimientos consideran la identificación y caracterización preliminar de impactos y beneficios para determinar la aplicabilidad de la PPI e identificar los temas indígenas a investigar. Luego, sigue una evaluación socio-cultural y los procesos de consulta y negociación o acuerdo requeridos, según la naturaleza de los temas identificados. Sobre la base de dichos procesos, se adoptan medidas, acordadas con los interesados, para potenciar los beneficios, así como las medidas necesarias para mitigar los impactos adversos y viabilizar socio-culturalmente el proyecto.

Un aspecto de interés es la consideración de la “perspectiva de los afectados”, que se refiere a los pueblos indígenas, basándose en información de fuentes primarias o secundarias, que puede ser obtenida de entrevistas a personas seleccionadas u otros métodos. El BID recomienda disponer de estas opiniones lo más temprano posible, así como durante las distintas etapas del ciclo de un proyecto. Las etapas consideran como fases prioritarias, las siguientes:

- (a) Aplicabilidad de la PPI a un proyecto: Requiere documentar presencia indígena en el área de influencia del proyecto y potencial afectación, beneficios o impactos negativos sobre estos pueblos. Esto se hace respondiendo a preguntas como: ¿tiene el proyecto facilidades o instalaciones asociadas que presentan riesgos de impactos adversos sobre los pueblos indígenas, sus derechos o su patrimonio, individuales o colectivos, que podrían afectar la viabilidad socio-cultural del proyecto?
- (b) Si respuestas son negativas, entonces la PPI no es aplicable a dicho proyecto.
- (c) Si hay una o más respuestas positivas o inconcluyentes, entonces la PPI es aplicable o potencialmente aplicable. En este caso, se debe realizar una evaluación preliminar de los impactos y beneficios del proyecto.
- (d) La evaluación preliminar de impactos y beneficios es una revisión inicial de los impactos negativos y beneficios potenciales del proyecto, con el objetivo de identificar aspectos prioritarios a investigar, tipificar la operación según la clasificación de la PPI y determinar las metodologías de evaluación socio-cultural y consulta.
- (e) Para la identificación de temas prioritarios se consideran preguntas relevantes cu-

yas respuestas puedan ilustrar las áreas claves de aplicación de la PPI, como: beneficios potenciales que ofrece el proyecto; ¿podría el proyecto contribuir a visibilizar o mejorar la comprensión de la temática indígena, incluyendo patrones de asentamiento, dinámicas de migración, demandas y necesidades indígenas, o para desarrollar programas enfocados territorialmente en asentamientos indígenas? En cuanto a los impactos adversos, por ejemplo, ¿podría el proyecto afectar negativamente la seguridad física y alimentaria, tierras, territorios, recursos, sociedad, derechos, economía tradicional, forma de vida e identidad o integridad cultural de los pueblos indígenas?; ¿afectaría el proyecto a pueblos indígenas transfronterizos o a pueblos indígenas aislados, no-contactados o recientemente contactados? Además, se consideran otras preguntas, como: ¿se ajusta el proyecto a los requisitos relevantes de las normas aplicables?

Los tipos de proyectos para los cuales aplica la PPI, reciben las siguientes denominaciones:

- Proyectos Independientes para Pueblos Indígenas: Sus beneficiarios directos son exclusiva o principalmente pueblos indígenas.
- Proyectos de Inclusión Positiva: Incluyen a pueblos indígenas como población meta.
- Proyectos con Salvaguardas: Proyectos que podrían potencialmente afectar adversamente a los pueblos indígenas y sus derechos, produciendo impactos negativos en estos pueblos. Como resultado de la evaluación preliminar de impactos se determinan las acciones a ser recomendadas para evitar o mitigar tales impactos. Estas acciones deben ser:
 - (a) Evaluaciones de impacto socio-cultural.
 - (b) Procedimientos de consulta para todos los impactos adversos.
 - (c) Medidas de mitigación, monitoreo y compensación justa para todos los impactos adversos.
 - (d) Negociación de buena fe para impactos adversos moderados y significativos.
 - (e) Acuerdos para impactos adversos significativos.

ii. Requerimientos básicos para su aplicación:

- Una evaluación socio-cultural que genere la información técnica necesaria sobre los impactos directos, indirectos y acumulativos, calificándolos como significativos o moderados, proponiendo las alternativas y medidas de mitigación, y analizar y controlar los riesgos e impactos involucrados para atender las salvaguardas establecidas en la PPI.
- Una consulta y negociación de buena fe con los afectados indígenas, que permita un intercambio genuino para lograr un grado satisfactorio de apoyo por parte de los afectados indígenas al proyecto y a las medidas de mitigación y compensación.
- Cuando los impactos potenciales adversos sobre pueblos o grupos indígenas sean significativos, se deberá contar con acuerdos con los pueblos o grupos afectados al finalizar el proceso de consulta y de negociación. Además, el proponente debe presentar evidencia de dichos acuerdos, verificada por el Banco.

Dentro de las etapas del proceso de financiación y de requerimientos de la PPI del BID, se considera la elaboración de un esquema de mitigación, que considere las medidas de

mitigación y/o compensación de los impactos negativos del proyecto sobre los pueblos indígenas. Para la PPI del BID, los procesos de evaluación socio-cultural y consulta, así como las negociaciones de buena fe y los acuerdos deben cumplir con ciertos requisitos mínimos, que son los siguientes:

- **Calidad técnica:** Los procesos de evaluación socio-cultural deben contar con la participación de los pueblos indígenas afectados. Se requieren procesos de consulta iterativos, que incluyan, como mínimo, dos etapas, no necesariamente formales, de consulta/negociación: la primera es una etapa temprana para identificar los impactos y las personas o grupos afectados, así como establecer los mecanismos de decisión y la metodología de consulta. La segunda es una etapa de conclusión para dar a conocer los resultados de las evaluaciones de impacto, y consultar con los pueblos indígenas afectados las medidas y esquemas de mitigación necesarios para manejar los impactos que el proyecto pueda tener sobre dichos pueblos. Los procesos deben contar con el presupuesto, plazo y recursos humanos necesarios para lograr buena calidad técnica.
- **Adecuación socio-cultural:** Los procesos de evaluación socio-cultural, consulta, negociación y acuerdo, y seguimiento y evaluación, deben tomar en cuenta las características particulares de los pueblos indígenas. Por lo tanto, los procesos deben incorporar las medidas necesarias para: adecuarse a los tiempos internos, sin inviablez el proyecto, y a las preferencias lingüísticas, culturales y procesales de los grupos consultados; neutralizar vulnerabilidades; si es necesario, apoyar la capacitación para superar debilidades de representaciones indígenas en la participación de los procesos y, si es necesario, facilitar instrumentos, mecanismos y recursos que apoyen la capacidad de negociación de los pueblos indígenas. Se deben crear mecanismos que garanticen la calidad de estos procesos. Estos pueden incluir: facilitación neutral, supervisión o auditoría independiente.
- **Indicadores:** Se deberán incluir indicadores (de bienestar de los pueblos indígenas) y esquemas de monitoreo que faciliten el seguimiento de su cumplimiento y la verificación de la calidad en la ejecución.

iii. Importancia del estándar:

Contiene varios elementos positivos que demuestran los avances logrados por los pueblos indígenas en cuanto a sus necesidades y derechos. Por ejemplo, incluye el reconocimiento claro de los derechos colectivos, la prohibición del reasentamiento forzado y la prohibición de financiar proyectos que excluyan a las comunidades por motivos étnicos, o que no respeten el derecho de los pueblos indígenas no contactados a vivir como les parezca. Reconoce también que la jurisprudencia correspondiente del sistema interamericano es aplicable a todas las actividades apoyadas por el Banco.

iv. Brechas y posibilidades de implementación en Chile:

Las principales dificultades para la aplicación de la PPI están relacionadas con:

- Falta de información, tanto en oportunidad como calidad.
- Necesidad de mayor coordinación entre servicios públicos.
- Carencia de recursos específicos para financiar procesos de consulta.
- Falencias en los aspectos metodológicos y de planificación
- Desconfianza y baja expectativas en el proceso.

- No se cumplen los criterios de aplicabilidad y de los actores involucrados en proceso de consulta.
- Se trata de un procedimiento emergente, del cual se posee escasa experiencia.

2.5.2. Criterios y guías de buenas prácticas de la Comisión Mundial de Represas, CMR (WCD, 2000)

El informe de la CMR: “Represas y desarrollo: Un nuevo marco para la toma de decisiones” es una evaluación integral de cuándo, cómo y por qué los proyectos de represas tienen éxito o fracasan en alcanzar sus objetivos en materia de desarrollo. El marco para la toma de decisiones de la Comisión se basó en cinco principios esenciales: equidad, sustentabilidad, eficacia, toma de decisiones participativa y responsabilidad. Sigue siendo el estado del arte respecto de los impactos socio-ambientales de la hidroelectricidad, y de cómo mejorar el desempeño del sector hidroeléctrico.

Apoyándose sobre una base de datos global y casos de estudio detallados del desempeño financiero, ambiental y social de grandes presas, su objetivo es revisar la eficacia que han tenido tales proyectos en cumplir con sus beneficios predichos, y evaluar sus efectos socio-ambientales. Desarrollar criterios, pautas y estándares internacionalmente aceptables para su desarrollo.

Aplica en las etapas de planificación, construcción, operación, y desmantelamiento de represas. Incluye todos los descriptores mencionados anteriormente. Es de carácter no vinculante legalmente.

La idea de crear la Comisión Mundial de Represas (WCD) surgió de un taller patrocinado por la Unión Internacional de Redes de Conservación (IUCN) y el Banco Mundial, realizado en Gland, Suiza, en abril de 1997. Los participantes al taller eran representantes de diversos intereses, tanto anti- como pro-represas, que se reunieron para analizar los aspectos controversiales asociados a las grandes presas.

El informe de la WCD fue lanzado el año 2000. En ese momento existían alrededor de 45 000 grandes presas y se había incurrido en cerca de dos billones de dólares de inversión asociados a su construcción. Entre el 30 y 40 % de las tierras regadas del mundo dependían de presas y cerca del 20 % de la electricidad se generaba por centrales de embalse. Se enfatizaba que los beneficios aportados a la humanidad por las grandes presas eran innegables, pero que demasiadas veces tales beneficios habían implicado costos sociales y ambientales inaceptables y, peor aún, innecesarios.

La WCD planteó que las decisiones claves no tienen que ver sólo con la construcción de represas, sino que más bien con el manejo integral del recurso hídrico y la generación de energía. Este escenario afecta directamente las relaciones entre las poblaciones rurales y urbanas, entre las comunidades y su entorno, y entre las necesidades humanas y los ecosistemas. Los resultados del informe de la WCD buscaron generar propuestas que llevaran a soluciones equilibradas y sustentables, para que todos los actores pudiesen verse favorecidos con estos proyectos. Este estándar entrega criterios para lograr la sustentabilidad de cualquier tipo de represa.

La WCD generó su informe mediante un proceso participativo único en el mundo, examinando opiniones de una amplia gama de grupos interesados: agencias gubernamentales, personas afectadas por proyectos, ONGs, movimientos populares, la industria de construcción de represas, los grupos financieristas internacionales, inversores privados, y la comunidad de las agencias internacionales y multilaterales de desarrollo.

Se realizó un proceso de consulta en cuatro regiones distintas del mundo, obteniéndose una base de consulta de 1400 personas, en 59 países, logrando durante los dos años de proceso de construcción que se recibieran 947 presentaciones desde más de 80 países.

Se llevaron a cabo ocho estudios de casos independientes de grandes presas, con una metodología común, transparente, y con información proveniente de todos los actores involucrados. De estos casos de estudio, dos se realizaron en países de la OCDE, y seis en países en desarrollo.

Además, se realizaron 17 revisiones temáticas abordando aspectos sociales y de distribución; aspectos ambientales; aspectos económicos y financieros; evaluación de opciones; y gobernanza y procesos institucionales. Estas en total entregaron 130 documentos. Finalmente, se analizó una base de datos de 1000 represas, en 709 países, para verificar los hallazgos de los estudios temáticos.

Los documentos generados por la WCD corresponden a estudios detallados, que tratan los siguientes ámbitos:

- Desempeño técnico, financiero y económico de las grandes presas
- Ecosistemas y grandes represas: desempeño ambiental
- La población y las grandes represas
- Opciones para el desarrollo de recursos hídricos y energéticos
- Toma de decisiones, planificación y cumplimiento

El enfoque de las guías desarrolladas por la WCD se centra en el reconocimiento de los derechos (de las personas y el ambiente) y la evaluación de riesgo que permite establecer una base amplia para la toma de decisiones.

El esquema se centra en cinco principios relevantes: (i) equidad, (ii) eficiencia, (iii) toma participativa de las decisiones, (iv) sustentabilidad y (v) rendición de cuentas. Estos cinco principios se han estructurado en siete prioridades estratégicas, que son:

P.E1 Conseguir aceptación pública

- i. Análisis de grupos involucrados
- ii. Procesos negociados de toma de decisiones
- iii. Consentimiento libre, previo e informado

P.E2 Evaluación comprensiva de las opciones

- iv. Evaluación estratégica de impacto para aspectos ambientales, sociales, de salud y patrimonio cultural

- v. Evaluación de impacto a nivel de proyecto en cuanto a aspectos ambientales, sociales, de salud y de patrimonio cultural
- vi. Análisis con criterios múltiples
- vii. Evaluación del ciclo vital
- viii. Análisis de distribución de proyectos
- ix. Emisión de gases de efecto invernadero
- x. Estimación de impactos sociales y ambientales
- xi. Mejorar la evaluación de riesgo económico

P.E3 Consideración de las represas existentes

- xii. Asegurar que las normas de operación reflejen preocupaciones sociales y ambientales
- xiii. Mejorar las operaciones del embalse

P.E4 Conservar ríos y los medios de subsistencia

- xiv. Estudios base de ecosistemas
- xv. Evaluación de caudal ambiental
- xvi. Conservar las áreas productivas de pesca

P.E5 Reconocer derechos y compartir beneficios

- xvii. Condiciones sociales base
- xviii. Análisis de riesgo de empobrecimiento
- xix. Ejecución del plan de acción para mitigación, reasentamiento y desarrollo
- xx. Mecanismos para compartir beneficios del proyecto

P.E6 Asegurar el cumplimiento

- xxi. Planes de cumplimiento
- xxii. Grupos independientes de revisión para aspectos sociales y ambientales
- xxiii. Bonos de desempeño
- xxiv. Fondos fiduciarios
- xxv. Pactos de integridad

P.E7 Compartir los ríos para la paz, el desarrollo y la seguridad

- xxvi. Procedimientos para ríos compartidos

i. Procedimiento de aplicación:

El proceso WCD no es un estándar propiamente tal: entrega lineamientos para generar un proceso participativo de decisión-país respecto al desarrollo de proyectos de represa, para todo tipo de usos o usos múltiples. En cuanto al proceso de decisión de un proyecto en particular, recomienda seguir una estructura compuesta por cinco “criterios de decisión”, que son los siguientes:

- Criterio 1: Etapa de evaluación de necesidades. Consiste en tener una formulación clara respecto a las necesidades reales de energía y agua a nivel nacional o local. Se realizan procesos participativos de consulta contextualizados localmente.
- Criterio 2: Etapa de selección de alternativas. De una variedad de alternativas, se realizan los estudios necesarios para la definición de los posibles impactos en la zona afectada, para así poder seleccionar la opción de mayor beneficio social. Deben incluirse los intentos de gestionar la demanda de energía, mejorar represas existentes, mejorar las políticas públicas, y plantear un rango de distintos emplazamientos, operación y diseño para las nuevas represas. Las distintas opciones deben ser evaluadas en conjunto.
- Criterio 3: Etapa de preparación del proyecto. Se procede a licitar el proceso de construcción. Se debe incluir un contrato con las condiciones de operación del proyecto, así como formalizar las medidas de mitigación, monitoreo y compensación a las partes afectadas, previamente conversadas. El contrato debe incluir las responsabilidades de todos los actores.
- Criterio 4: Etapa de ejecución del proyecto. Se debe confirmar que los compromisos adquiridos estén realmente siendo cumplidos, para luego entregar la licencia de operación del embalse. Se deben comprobar los procesos de reasentamiento, el proceso de llenado del embalse, acuerdos sobre caudales mínimos ecológicos, operación prevista, entre otros.
- Criterio 5: Operación del proyecto. Se debe asegurar que se cumplan las condiciones de operación definidas en la entrega de la licencia, de manera de poder adaptar el proyecto a cualquier situación que se presente

ii. Requerimientos básicos para su aplicación:

- Permisos legales para la localización de las instalaciones.
- Catálogo de especies existentes en el territorio y los distintos hábitats asociados a cada estadio vital (calidad del agua, velocidades, profundidades, nutrientes, etc.), dinámicas de migración, y listado de las especies en peligro de extinción del sector.
- Conocer el régimen de caudales de los ríos a intervenir.
- Tener conocimiento real de los valores culturales, recreativos y de biodiversidad de la zona afectada por el proyecto, además de los actores que se verán afectados. Conocer los valores pre-proyecto, es decir, contar con buenas líneas-base social y ambiental.
- Conocer las dinámicas naturales de las cuencas (sedimentos, nutrientes, energía, etc.).
- Plan de manejo integrado de cuenca, para conocer como interactúa el nuevo proyecto con los otros existentes en la cuenca.
- Marco legal para la instalación de plantas de energía hidroeléctrica.
- Equipo técnico capaz de evaluar el cumplimiento efectivo de los criterios a evaluar.
- Conocer los efectos de los proyectos en las napas cercanas y cuerpos de agua.
- Conocer efectos de las líneas de transmisión y accesos viales, asociadas a especies invasores, impacto visual, etc.

iii. Importancia del Estándar:

La difusión y promoción de estos principios ha quedado en manos de actores indepen-

dientes, dado que el informe de la WCD no tiene estatus legal a nivel internacional, y que la Comisión se disolvió luego de publicarlo. Los que más han promovido la difusión de los principios son ONGs nacionales e internacionales, además de algunos gobiernos nacionales, como los de Alemania y los Países Bajos. Finalmente, un tercer sector que ha impulsado los criterios de la WCD han sido algunas empresas privadas que han adoptado voluntariamente estándares internacionales.

iv. Brechas y posibilidades de implementación en Chile:

Por su profundidad, la aplicación del proceso WCD requiere una base técnica completa, obligando a conocer los ecosistemas acuáticos y terrestres potencialmente afectados a la escala de la cuenca completa, y evitando impactos significativos sobre especies vulnerables. Como puede evidenciarse considerando el caso de Sudáfrica, la aplicación correcta de este enfoque en Chile requeriría, entre muchos otros aspectos técnicos, de:

- Una red hidrometeorológica mejor y con mayor densidad.
- Métodos calibrados para determinar regímenes de caudales ambientales, para nuestros ríos y especies.
- Conocer las capacidades de nado, salto y comportamiento de las especies acuáticas, para permitir el diseño de obras que aseguren su paso.
- Mejor información sobre las distribuciones y abundancias de especies con problemas de conservación.

La WCD enfatiza un enfoque basado en derechos de los afectados y riesgos en las distintas etapas de un proyecto, en el marco de un desarrollo humano equitativo. Para ello es fundamental que los afectados tengan acceso a información relevante, así como a asistencia legal. Todos estos aspectos contrastan con la situación actual, en que poco o nada se conoce de los proyectos, hasta el día en que se ingresan los estudios ambientales para los proyectos, cuando los plazos disponibles para informarse y opinar ya son muy limitados.

Además de recomendar plazos para las licencias de operación de los proyectos, cosa que no ocurre en Chile, la WCD insiste en la necesidad de abordar los pasivos sociales y ambientales de los proyectos actualmente en operación. El marco normativo-legal chileno hace por otra parte que sea muy difícil, sino imposible, “cambiar las reglas del juego”. Es imposible aplicar gestión adaptativa con estas condiciones de borde.

Según este enfoque, deben evitarse los impactos significativos desde la etapa de diseño conceptual de los proyectos, y sólo si ello no es posible, proceder a minimizar o mitigar impactos. Esto va en contraposición a las regulaciones actuales en Chile, en que los estudios ambientales se aplican a proyectos en etapas avanzadas de prefactibilidad, cuando ya se han decidido todos los aspectos que determinarán los impactos relevantes del proyecto: ubicación, diseño, y tecnología, que condicionará a la operación.

Finalmente, los criterios y guías de la WCD recomiendan que el cumplimiento del desempeño ambiental y social sea monitoreado por paneles de expertos independientes, citados por un consejo asesor conformado por actores provenientes de todos los grupos de actores. Debe tenerse una estructura para asegurar tal cumplimiento, cuyos costos deben incorporarse en el proyecto de desarrollo.

El aplicar la metodología de la WCD requeriría inversiones fuertes en la base de información y expertise científicos necesarios para un mejor conocimiento de las líneas base social y ambiental, así como para asegurar una mejor calidad de los estudios de

impacto social y ambiental.

Capítulo 3

Antecedentes del proyecto de embalse Chironta

En el presente capítulo se presentan los antecedentes del proyecto embalse Chironta contenidos tanto en el Estudio de Impacto Ambiental [18], como en las Especificación Técnicas Especiales del proyecto [21]. Es importante tomar en cuenta que algunos de los antecedentes contenidos aquí corresponden a estimaciones realizadas durante la etapa de diseño del proyecto.

El proyecto embalse Chironta, ubicado en la Región de Arica y Parinacota, es una obra de regulación de los recursos hídricos del río Lluta, cuya principal finalidad será mejorar las condiciones de riego en el valle del Lluta. La ubicación de la presa del embalse se puede apreciar a continuación en la figura 3.1.

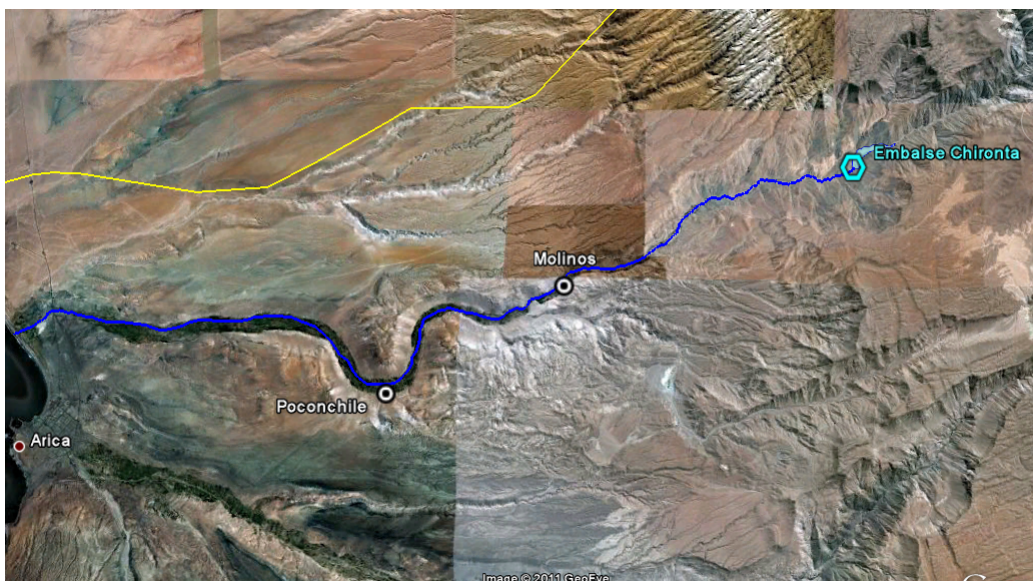


Figura 3.1: Ubicación presa del embalse Chironta. *Fuente:* Recuperado de “Diseño Embalse Chironta, Capítulo 1: Diseño muro de embalse, Tomo 3”, de SMI Ingenieros, 2011

Las coordenadas geográficas (Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.) del eje de la presa son las que se indican enseguida en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Coordenadas geográficas de ubicación del eje de la presa

Coordenadas UTM		
Sector presa	Norte	Este
Estribo derecho de la presa	7 975 479	420 213
Estribo izquierdo de la presa	7 975 318	420 468

Fuente: Adaptado de "EIA Embalse Chironta", de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 5

El diseño del embalse consistirá en una presa de tipo CFGD (Concrete Face Gravel Dam), de las dimensiones indicadas en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Dimensiones presa Chironta

Presa	
Longitud coronamiento	274 m
Ancho coronamiento	10 m
Altura sobre sello de fundación	90 m
Talud aguas arriba presa	H:V=1,5:1
Talud aguas presa	H:V=1,6:1

Fuente: Adaptado de "EIA Embalse Chironta", de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 16

El embalse contará además con obras anexas: un túnel de desvío y descarga de fondo, ubicado en la ladera izquierda de la presa (sur) y, un sistema de evacuación de crecidas, ubicado en la ladera derecha de la presa (norte). El sistema de evacuación de crecidas consiste en un canal colector lateral y un rápido de descarga que finaliza en una obra de disipación tipo salto de esquí.

A continuación, en la tabla 3.3, se muestran las características de las obras anexas.

Tabla 3.3: Características de diseño obras anexas, embalse Chironta

Obras anexas			
Túnel de desvío		Evacuador de crecidas	
Periodo retorno	20 años	Periodo de retorno	1000 años
Caudal	381 m ³ /s	Caudal	1275 m ³ /s
Longitud	473 m	Longitud vertedero lateral	70 m

Fuente: Adaptado de "EIA Embalse Chironta", de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 1

Las obras del proyecto mencionadas pueden observarse a continuación en la figura 3.2.

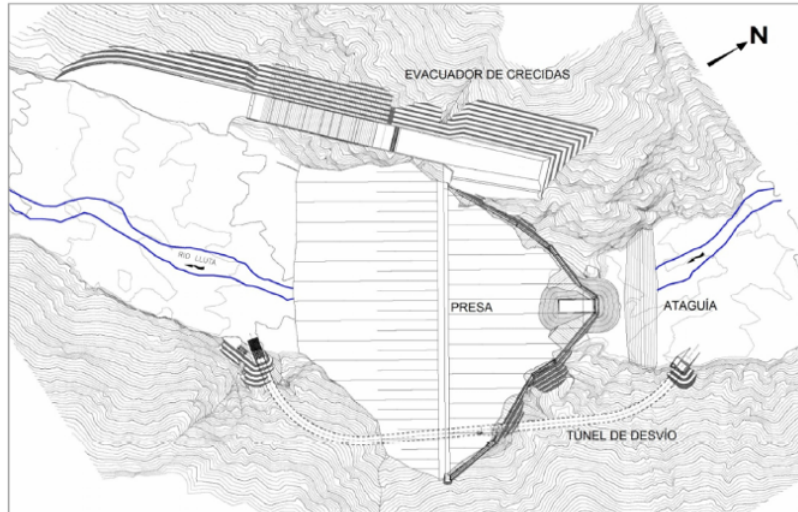


Figura 3.2: Disposición de las obras del embalse Chironta. *Fuente:* Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 12

Las principales características del proyecto, se detallan a continuación.

- Capacidad del embalse: 17 000 000 m³
- Volumen de relleno: 2 238 991 m³
- Volumen de pantalla de hormigón armado, plinto y muro parapeto: 13 595 m³
- Superficie inundada: 55,89 ha
- Superficie presa y obras anexas: 7,23 ha
- Superficie total proyecto: 73,12 ha
- Cota coronamiento relleno: 1758,6 m.s.n.m
- Cota operación: 1752 m.s.n.m
- Cota máxima parapeto: 1759,8 m.s.n.m

3.1. Presa

El proyecto considera sobre los rellenos, en el coronamiento de la presa, la construcción de un muro parapeto de sostenimiento del tipo cantilever con zapata con diente para prevenir el deslizamiento. En la tabla 3.4 se especifican sus dimensiones.

Tabla 3.4: Dimensiones muro parapeto ubicado sobre el muro

Muro parapeto	
Altura	4,5 m
Altura libre	3,95 m
Largo zapata	4,3 m
Altura zapata	0,55 m

Fuente: Adaptado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 13

A continuación, se observan dos figuras del coronamiento de la presa. En la figura 3.3, se observa un esquema del muro parapeto, con las distintas cotas que lo caracterizan. En la figura 3.4, se aprecian todos los niveles de agua en el coronamiento de la presa, durante la operación del embalse.

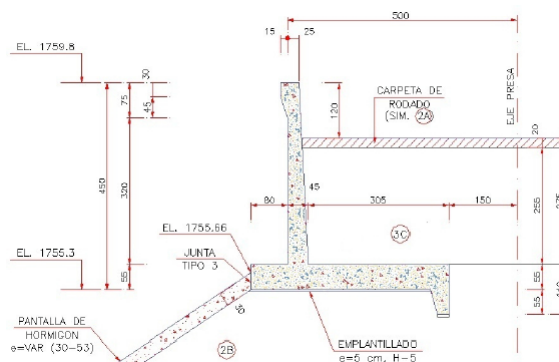


Figura 3.3: Esquema de parapeto embalse Chironta. *Fuente:* Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 14

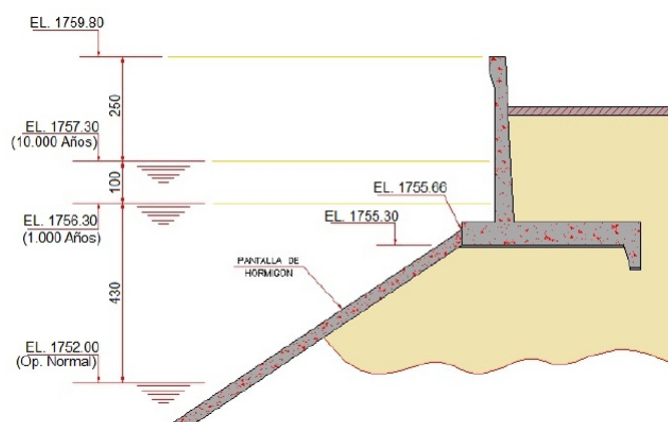


Figura 3.4: Niveles de agua en el coronamiento del muro. *Fuente:* Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 15

Según el Estudio de Impacto Ambiental [18], la presa se ha diseñado para embalsar un volumen total aproximado de 17 hm^3 , con un volumen útil aproximado de $9,5 \text{ hm}^3$ y un volumen muerto por sedimentación de $7,5 \text{ hm}^3$, el cual está considerado para una vida útil del embalse de 50 años.

3.1.1. Fundaciones

“En la zona de emplazamiento de la presa se encuentra básicamente roca intrusiva. En superficie presentan una moderada meteorización y son duras a moderadamente duras, densas y fracturadas.

En el sector del fondo del valle es posible fundar el plinto sobre basamento rocoso, haciendo innecesaria la construcción de una pared moldeada. El cuerpo de la presa se apoyará

directamente en roca, donde será necesario realizar un escarpe de 0,5 a 1 m de profundidad. Antes de iniciar la colocación de los rellenos se debe preparar el sello de fundación nivelándolo y compactándolo.

De acuerdo a la información proporcionada por sondajes realizados ubicados en el centro del valle, se ha previsto excavar la fundación hasta la roca basal en la zona del plinto del pie de aguas arriba, en una profundidad del orden de los 20 m” (SMI Ingenieros, 2011).

3.1.2. Rellenos de la presa

La presa es de tipo CFGD (Concrete Face Gravel Dam) y su sección transversal está constituida por distintos tipos de relleno, los cuales se observan a continuación en la figura 3.5.

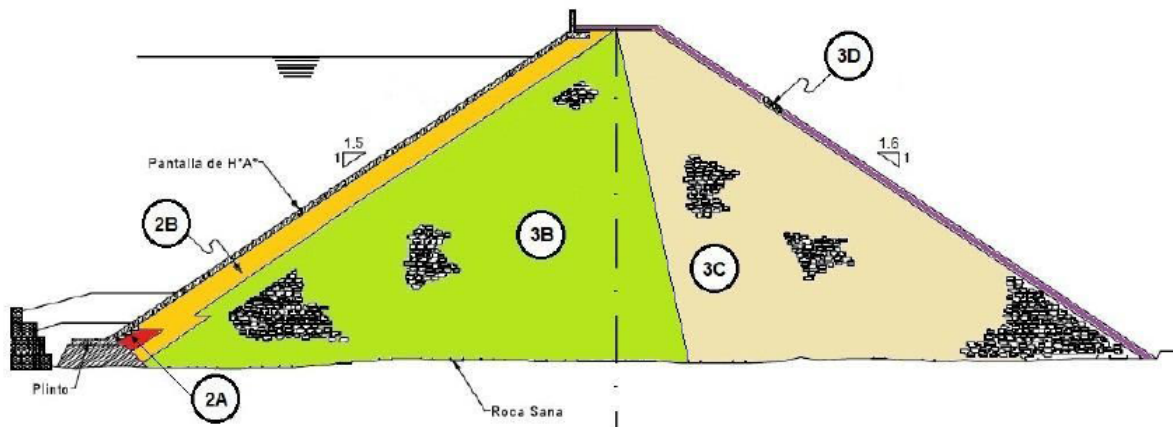


Figura 3.5: Esquema del muro y sus materiales. Fuente: Recuperado de “Diseño Embalse Chironta, Capítulo 1: Diseño muro de embalse, Tomo 3”, de SMI Ingenieros, 2011

Las zonas del muro representadas en distintos colores, son las siguientes:

- Zona 1: Material no representado en la figura 3.5, compuesto de arenas limosas o limos arenosos bajo la malla N°8 y con un 40% de finos bajo la malla N°200. Las capas superiores de este relleno y el talud expuesto serán protegidos con una capa de 0,6 m de material granular seleccionado.
- Zona 2A: Material que se ubica a lo largo del contacto losa o cara de concreto con el plinto, especialmente en la parte inferior. Se usarán gravas arenosas procesadas, obtenidas de los depósitos aluviales cercanos, los cuales deberán cumplir con requisitos granulométricos específicos. Las partículas deberán ser duras, durables, libres de materia orgánica, arcilla o cualquier otro material susceptible de descomposición o inadecuado por cualquier razón. Se colocará en capas de 0,3 m y tendrá un tamaño máximo de 1 y 1/2”. Su contenido de finos bajo la malla N°200 no debe superar un 5%.
- Zona 2B: Material donde se apoya la cara de concreto y que debe permitir una adecuada compactación con el propósito de minimizar los asentamientos. Se utilizará una mezcla procesada de grava y arena de baja permeabilidad, procedente de los depósitos aluviales.

El espesor de capa de este material es de 0,3 m y la zona tendrá un ancho de 3 m. Se adopta un tamaño máximo de 3”.

- Zona 3B: Material que constituye el paramento de aguas arriba y que sostiene la cara de concreto. Se utilizarán gravas naturales provenientes de los depósitos aluviales cercanos. El espesor de capa de este material es de 0,6 m y la zona tendrá un ancho mínimo de 10 m. Se adopta un tamaño máximo de 24” (609,6 mm). Sin embargo, cabe señalar que este tamaño máximo declarado no concuerda con el espesor de capa correspondiente a esta zona. Esto corresponde a una incongruencia contenida en las Especificaciones Técnicas Especiales del proyecto.
- Zona 3C: Material que constituye el paramento de aguas abajo.
El espesor de capa de este material es de 0,9 m. Se adopta un tamaño máximo de 30” (762 mm).
- Zona 3D: Material que conforma la cara de aguas abajo de la presa y estará formada por bolones provenientes del rechazo del material procesado en las plantas seleccionadoras de rellenos. Este material no se necesitará compactar, pero si acomodar los bolones inestables.
El espesor de cada capa de este material es de 0,9 m. La zona podrá tener un ancho variable de entre 1 y 2 m. Su talud exterior deberá quedar con la inclinación determinada para el proyecto (1,6:1=H:V).

De manera más detallada, se precisa en el Apéndice C una tabla con las bandas granulométricas de los materiales de relleno 2B, 3B Y 3C.

Por otro lado, los volúmenes de cada material de relleno se precisan en la tabla 3.5

Tabla 3.5: Volúmenes de materiales en presa Chironta

Zona	Volumen m ³
1	1000
2A	11 195
2B	63 625
3B	1 209 055
3C	940 376
3D	22 390
Total	2 238 991

Fuente: Adaptado de “Diseño Embalse Chironta, Capítulo 1: Diseño muro de embalse, Tomo 3, de SMI Ingenieros, 2011

Con el objetivo de cumplir con los requerimientos de tamaño de los materiales, estos se separarán en diferentes tamaños, se mezclarán y/o se procesará cuando sea necesario, antes de ser utilizados como relleno. [20].

Resumen de propiedades geotécnicas de los suelos del sector

El resumen de las propiedades geotécnicas para los diferentes materiales involucrados en la construcción de la presa Chironta se detalla a continuación en la tabla.

Tabla 3.6: Parámetros geotécnicos

Parámetro	Suelo fundación	Basamento rocoso		Rellenos muro	
	Dep. fluvio-aluvial	Subyacente	Superficial	3B	3C
Densidad natural γ_t [t/m ³]	2,0	2,6	2,3	2,3	2,3
Cohesión c [kg/cm ³]	0,05	50	0,3	0	0
Ángulo fricción interna [°]	40	42	38	43	40

Fuente: Adaptado de “Diseño Embalse Chironta, Capítulo 2: Informe Estabilidad, Tomo 3”, de SMI Ingenieros, 2011

3.1.3. Pantalla de hormigón

El contorno de la pantalla de hormigón está limitado por el plinto y por el parapeto del coronamiento de la presa. Su espesor es variable linealmente, desde 30 cm en la junta con el parapeto hasta 50 cm en la junta con el plinto al pie de la presa.

Para la construcción de la pantalla, se definió un total de 18 losas de ancho 15 m, más una pequeña en el costado izquierdo y otra con ancho levemente menor a los 15 m en el costado derecho. La losa de mayor longitud corresponde a la que se desarrolla desde el muro parapeto hasta el plinto ubicado en el lecho rocoso del cauce, y sobre su emplazamiento se han definido las otras, de modo que todo su ancho quede definido en el sector del lecho del río.

Las juntas verticales son coincidentes con el contacto longitudinal entre losas y se plantea una junta perimetral que la unirá al plinto.

Se adoptará una cuantía de armaduras de 0,3% en la dirección horizontal y 0,4% en la dirección vertical, con respecto a la pantalla, para la armadura central, variando a una cuantía de 0,4% en ambas direcciones en las losas adyacentes al plinto.

3.1.4. Plinto

La función principal del plinto es asegurar la estanqueidad del sistema, uniendo el terreno, que hará las veces de estribo, y la estructura impermeabilizante.

Se construirá un plinto mixto, con un tramo como plinto externo y otro como plinto interno. Se adopta como longitud mínima del plinto externo 4 m, dado que este es el espacio que se requiere para colocar las inyecciones. La longitud del plinto interno será variable para cada tramo, como se muestra a continuación.

Tabla 3.7: Longitudes del plinto en cada tramo

Tramo	Plinto interno [m]	Plinto total [m]
Tercio superior	0	4
Tercio central	1	5
Tercio inferior	2	6

Fuente: Adaptado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 19

Además, con el fin de facilitar los aspectos constructivos, para el plinto externo se define un espesor constante de 50 cm. El espesor del plinto interno se fija en 25 cm. Las dimensiones del plinto pueden apreciarse en la figura 3.6. Respecto a la armadura, se utilizará una cuantía de 0,3 %.

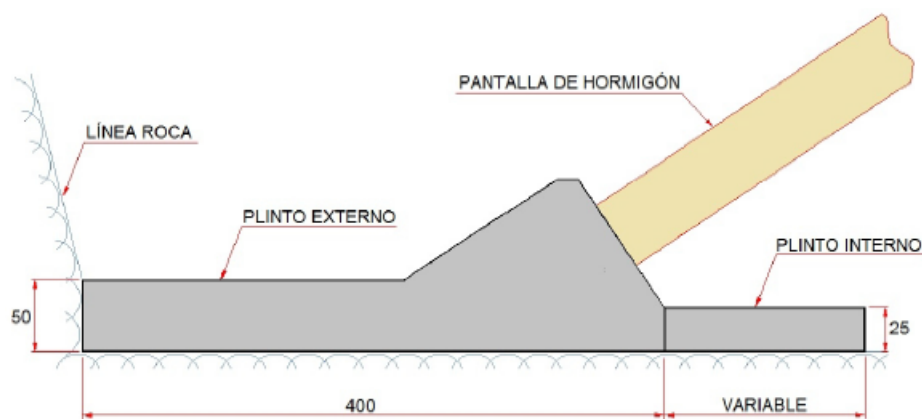


Figura 3.6: Esquema de plinto externo e interno. *Fuente:* Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 20

3.2. Obras complementarias

3.2.1. Yacimientos de material

El volumen total requerido para el muro de presa es de 2 238 991 m³. Con el fin de determinar el volumen de material disponible para el relleno de la presa se consideró como sector de yacimiento a la zona del valle del río Lluta constituida por material fluvio-aluvial desde aproximadamente 10 km aguas abajo hasta 5 km aguas arriba del eje de la presa.

Los sedimentos encontrados son gravas arenosas limpias, mal graduadas, con predominancia de bolones y clastos de gran tamaño de cantos sub-redondeados. Los escasos finos son mayoritariamente limos no plásticos.

Para estimar la cantidad de material que se puede utilizar, se analizaron los perfiles sísmicos (PSCH), sondajes eléctricos verticales (SEV, PECH), calicatas y pozos de muestreo, correspondientes a las prospecciones geofísicas y a ensayos de mecánica de suelos. Se trazaron 5 perfiles transversales al río Lluta a lo largo del sector de yacimiento y se incorporó a ellos toda la información obtenida. Con esto, se estimó un espesor promedio del paquete sedimentario fluvio-aluvial en toda la zona de yacimiento de 6,5 m.

Se ha considerado un sector principal (sector B), que cubre las necesidades de volumen de material; y dos sectores adicionales de reserva, que se podrían utilizar en caso de obtener demasiado material de rechazo.

En la figura 3.7, se aprecian los sectores A (aguas abajo del sitio de presa), B (zona de inundación del embalse Chironta) y C (aguas arriba de la zona de inundación).



Figura 3.7: Sectores de extracción de material de empréstito. *Fuente:* Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 43

En la tabla 3.8, se detallan los volúmenes disponibles de cada sector.

Tabla 3.8: Volúmenes de excavación de material

Sector	Área [m ²]	Profundidad [m]	Volumen total [m ³]	Volumen utilizable [m ³]
A	1 630 000	6,5	10 595 000	3 814 200
B	347 500	6,5	2 258 750	813 150
C	390 000	6,5	2 535 000	912 600
Total	2 367 500	-	15 388 750	5 539 950

Fuente: Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 43

A continuación se describen los métodos de explotación del material tanto en el cauce, como fuera de él.

1. Metodología de explotación en cauce:

Las excavaciones se deben desarrollar en canalones paralelos al eje de la franja de extracción, de 20 m de ancho, comenzando desde la ribera más próxima al eje del cauce hacia el centro de este. Desde aguas abajo hacia aguas arriba, por longitudes de 100 a 200 m. Luego se regresará para extraer el siguiente canalón o franja adyacente hasta completar el ancho basal total respectivo.

En la siguiente figura se indica el esquema de excavación a seguir.

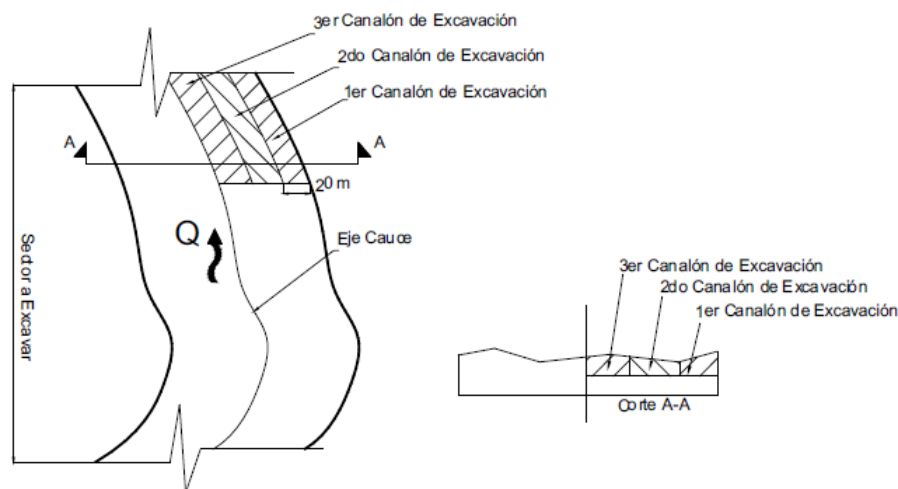


Figura 3.8: Esquema de Excavación en Cauce. *Fuente:* Recuperado de “EIA Embalse Chironta”, de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 44

2. Metodología de explotación fuera del cauce:

La explotación se llevará a cabo desde la zona más alta hasta la más baja, es decir a través de un descenso gradual de la cota de excavación. Por motivos de recursos, el contratista podrá seccionar la zona de excavación en un máximo de tres sectores, los cuales podrá ir trabajando en forma alternada. Para efectos constructivos, podrá seleccionar un área para acopio y carguío de los camiones tolva.

Antes de iniciar los trabajos, se deberá acondicionar una zona para depositar el material de escarpe que después será reutilizado para la reforestación correspondiente al plan de Manejo Corta y Reforestación de Bosques para ejecutar Obras Civiles. Esta zona debe estar libre de cualquier contaminación, debidamente señalada y en lo posible con cierres perimetrales.

Como medida de precaución se ha definido un espaldón de 20 m de ancho, cuya función es encajonar el río y evitar el paso del agua producto de las crecidas.

Estudio de yacimientos

“El material encontrado corresponde a grava arenosa limpia o con pocos finos (mayoritariamente no plásticos), mal graduada, con bolones de hasta 1,2 m de tamaño máximo”.

La distancia de transporte promedio desde la presa hasta el área de 260 000 m² del yacimiento que se ubica aguas arriba del sitio, es de 0,75 km.

A continuación, en la tabla 3.9, se presenta un resumen de las granulometrías integrales efectuadas a 13 calicatas.

Tabla 3.9: Granulometrías integrales de los sedimentos

Tamaño	% Promedio que pasa	% Promedio retenido
69"	100	-
51"	83	17
36"	56	44
30"	44	56
26"	39	61
25"	37	63
20"	33	67
12"	28	72
3"	20	80
Malla #4	10	90
Malla #200	1	99

Fuente: Recuperado de "Diseño Embalse Chironta, Capítulo 5: Estudio de Yacimientos, Tomo 3", de SMI Ingenieros, 2011

“Se observa una abundancia de material de sobretamaño que ocupa un porcentaje igual o superior al 30 % del volumen excavado. Lo anterior implica que el porcentaje utilizable de los yacimientos en forma directa, es decir, sin tener que recurrir a procesos de trituración, sería no superior al 56 % considerando un $D_{\text{máx}}$ igual a 36" (Estudio de Yacimientos, SMI Ingenieros, 2011).

3.2.2. Botadero

El material natural (relleno y roca que se descarten) será depositado durante la fase de construcción en un botadero que se localizará al interior del área de inundación, 500 m aguas arriba del muro proyectado del embalse, sobre una terraza fluvial de escasa pendiente.

3.3. Otros

3.3.1. Vida útil y cronograma de la obra

En la tabla 3.10 se muestra la estimación de la duración de las fases del proyecto, exceptuando la fase de abandono.

Tabla 3.10: Duración de fases del proyecto embalse Chironta

Fase	Duración
Construcción	48 meses
Operación	50 años

Fuente: Adaptado de "EIA Embalse Chironta", de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 5

3.3.2. Mano de obra

Durante la fase de construcción, la mano de obra se estima en un promedio de 465 personas, con un peak de 660 personas.

3.3.3. Maquinaria

Con respecto a los recursos a utilizar, en la siguiente tabla a continuación se presenta la estimación de la maquinaria por actividades del proyecto.

Tabla 3.11: Maquinaria del proyecto por tipo de actividad

Actividad	Descripción	Cantidad
Excavaciones de la presa	Cargador frontal	2
	Camión tolva	2
Excavaciones abiertas en roca	Cargador frontal	2
	Camión tolva	2
	Perforadora liviana	1
	Compresor	1
Excavaciones del vertedero	Cargador frontal	1
	Camión tolva	1
	Perforadora	1
	Compresor	1
	Excavadora	1
Excavaciones subterráneas	Retroexcavadora	1
	Camión tolva	1
	Perforadora liviana	1
	Ventilador	1
	Compresor	1
Excavaciones abierta de portales (roca)	Scoop	1
	Perforadora liviana	1
	Compresor	1
	Cargador frontal	1
Colocación de rellenos del muro	Camión tolva	1
	Excavadora	2
	Motoniveladora	
	Camión aljibe	15
	Rodillo vibratorio	1
Labores de hormigonado	Grúa todo terreno	2
	Camión mixer	1
	Equipo de vibrado	3
	Camión aljibe	6
		1

Fuente: Adaptado de "EIA Embalse Chironta", de R&Q Ing., MOP y DOH, 2012, Cap. 1, p. 1

Capítulo 4

Planificación de la construcción y programa de construcción de la presa Chironta

En este capítulo se presenta la planificación de construcción de la presa del embalse Chironta, considerando las actividades principales y relevantes, es decir, las excavaciones y construcción masivas de la presa. No se incluirán la construcción del túnel de desvío ni del vertedero.

Para llevar a cabo la planificación, se ha considerado que la construcción se realiza durante una jornada de trabajo continuado, con detenciones en determinados días feriados de cada año, que corresponden a: 1 de mayo (día del trabajo), 9 de agosto (día del minero), una semana completa en septiembre por fiestas patrias y una semana para fiestas de fin de año.

El horario de trabajo será de 2 turnos rotativos de 12 horas diarias cada uno, de las cuales 11 de ellas serían horas efectivas de trabajo, debido a las pérdidas de tiempo asociadas a los cambios de turno.

Lo anterior corresponde a las jornadas normalmente empleadas en este tipo de obras civiles mayores, con extensos plazos de construcción. Estas jornadas, de acuerdo a la experiencia recopilada, son el óptimo económico para obras de este tipo, dada la magnitud de los gastos generales que están directamente asociados al plazo de construcción.

Para la planificación propiamente tal, se describirán las principales actividades constructivas de la presa, que son:

- Excavaciones, carguío y transporte de material
- Construcción de rellenos de la presa
- Construcción de la pantalla de hormigón armado y del plinto

Se detallará el tipo de maquinaria a utilizar para cada partida o subpartida de obra. Luego, se describirá la metodología para determinar los rendimientos requeridos de cada partida o

subpartida, según la duración del programa. Finalmente, se seleccionarán las máquinas que cumplan con los rendimientos requeridos y se calcularán las duraciones de cada partida o subpartida, acabando con la secuencia y el programa de la construcción de la presa.

4.1. Descripción de las principales actividades de la obra y sus procesos constructivos

Es importante destacar la diferencia entre el material de terreno de fundación y el material de yacimiento. El primero tiene como destino ser desechado en el botadero, a menos que pueda ser reutilizado, para lo cual se requerirá de un acopio temporal. El segundo, en cambio, será el material de construcción de los terraplenes (rellenos) de la presa. En virtud de esto, las secuencias constructivas que seguirán estos materiales también serán distintas. Ahora, se especificará el proceso constructivo y la maquinaria a utilizar para cada tipo de excavación.

4.1.1. Excavaciones, carguío y transporte de material

Roce y despeje, escarpe y limpieza

La secuencia constructiva del movimiento de tierras de estos materiales es globalmente la misma y se especifica más adelante en la sección de excavaciones abiertas y en la figura 4.1.

El roce y despeje corresponde a los trabajos de desmonte, tala y eliminación de la vegetación existente dentro de las áreas de trabajo del proyecto. Se incluye, además, el despeje de las áreas de construcción de estructuras, de emplazamiento de canales, fosos, contrafosos y de otras obras del proyecto.

Esta actividad deberá llevarse a cabo previo a la construcción de las obras que la requieran, por lo que podrá programarse su ejecución parcializada según las necesidades [21].

El escarpe corresponde al retiro de la capa vegetal superficial e indeseable del terreno. En el caso del proyecto de construcción embalse Chironta, "el cuerpo de la presa se apoyará en roca, donde será necesario realizar el escarpe indicado en los planos de la obra: 0,5 a 1 m de profundidad"[18].

Debido a que no se tiene información de las características del terreno donde se emplazará el proyecto, no se tiene certeza de si hay o no hay presencia de troncos, maleza y/o escombros. Es por esto que, de manera de ser conservadores, se escoge una máquina capaz de excavar y remover todo esto: una topadora bulldozer.

Una vez que la topadora bulldozer remueva el material y lo acopie, este puede ser cargado por un cargador frontal al equipo de acarreo (camión) que lo transportará a un lugar determinado. Se supondrá que todo el material de escarpe será transportado al botadero ubicado a 500 m del sector de la presa, como se muestra en la figura 4.1.

Excavaciones de material de terreno de fundación

Tanto para el material de limpieza (roce, descepe y escarpe) como para el material del terreno de fundaciones (excavaciones abiertas), la secuencia constructiva de su movimiento

de tierras es, en general, la misma; y consiste en los siguientes puntos:

1. Excavación en terreno de fundación
2. Carguío en zona del terreno de fundación
3. Acarreo desde zona del terreno de fundación hasta botadero
4. Descarga en botadero

La diferencia entre el proceso constructivo de estos dos tipos de movimientos de tierra consiste en la maquinaria a utilizar para la excavación de cada uno. Sin embargo, la secuencia constructiva es, a grandes rasgos, la mencionada y se muestra a continuación en la figura 4.1.

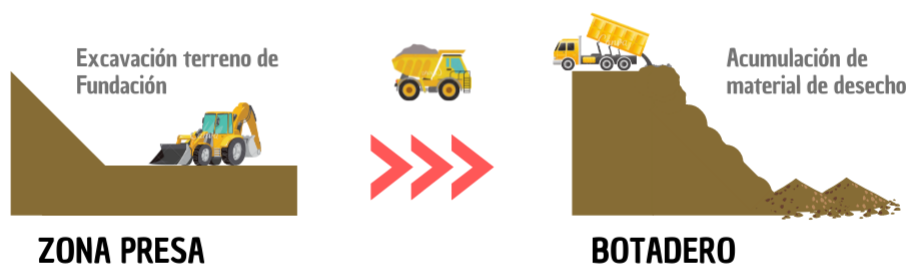


Figura 4.1: Secuencia constructiva para material de escarpe y material del terreno de fundación. *Fuente:* Elaboración propia

Ahora bien, la excavación del material del terreno de fundación en general es una excavación masiva, excepto cuando la maquinaria se acerca a los límites o sellos de excavación, donde debe ser delicada y prolija, para evitar sobre excavaciones que conlleven rellenos adicionales, asegurando llegar hasta la cota indicada en los planos. Una excavación que exceda este límite, conllevará gastos adicionales.

“Las retroexcavadoras cargadoras Cat proporcionan la potencia y la manipulación precisa que necesita cuando trabaja en zonas donde el uso de equipos más grandes no es práctico” [3]. De esta manera, el material del terreno de fundación puede ser excavado con retroexcavadora y cargado con esta misma máquina al camión. Luego, será acarreado y descargado en un lugar determinado.

“Todos los materiales provenientes de las excavaciones para fundar la presa y que cumplan los requerimientos establecidos para los rellenos en las especificaciones técnicas, deberán ser empleados en la ejecución de rellenos” [21]. Sin embargo, como no se dispone de informes geotécnicos del suelo a excavar, es incierto qué fracción de este material cumple los requerimientos para ser utilizado en el relleno, por lo que se supondrá que todo el material será descargado en el botadero.

“Si al ejecutar las excavaciones, aparecen bloques de magnitudes importantes que no puedan ser removidos por los equipos de excavación, el contratista podrá recurrir al uso de explosivos, previa autorización de la I.F.” [21].

En las excavaciones abiertas se encuentran dos tipos de materiales; material común y roca.

- En material común: Se incluyen aquí excavaciones en fundaciones de la presa, laderas, evacuador de crecidas, fundaciones ataguía, portales del túnel de desvío, casa de válvulas y otros. Este tipo de material puede excavar directamente con retroexcavadora.
- En roca: Se incluyen aquí excavaciones en las zonas de la presa y laderas, evacuador de crecidas, portales del túnel de desvío, casa de válvulas y otros. Este tipo de material requiere del uso de explosivos para ser excavado, debido a su dureza.

El proceso de excavación de roca consta de dos etapas: perforación y tronadura, los cuales se especifican con mayor detalle en el Anexo A del presente informe.

Finalmente, cabe hacer notar la distinción entre excavación masiva y excavación delicada. Al comenzar una excavación de grandes proporciones, la maquinaria podrá excavar de una manera tan eficiente como su rendimiento le permita. Sin embargo, cuando la excavación se encuentra en una etapa más avanzada y se está acercando al sello de excavación, el proceso constructivo se ralentiza, debido a que este tipo de excavación es más prolija y debe hacerse con meticulosidad. Esto reducirá el rendimiento de la actividad de excavación y debe ser tomado en cuenta.

En la figura 4.6 se ilustran ambos casos de excavación.

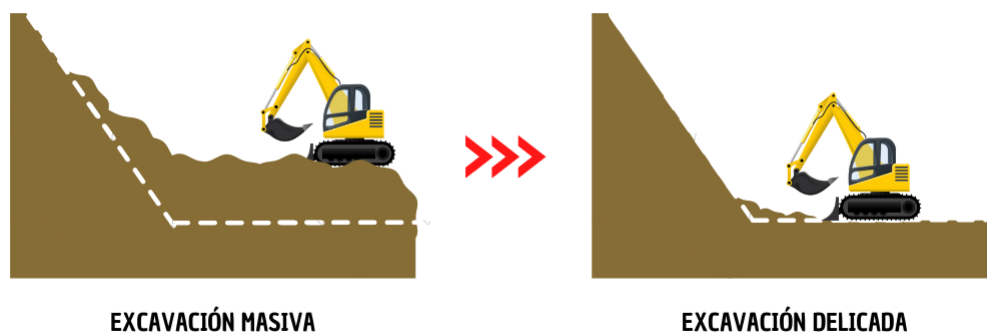


Figura 4.2: Casos de excavación según nivel de avance. *Fuente:* Elaboración propia

Excavaciones de producción de materiales en yacimientos

El movimiento de tierras para el material de empréstito sigue la siguiente secuencia:

1. Excavación de yacimientos
2. Carguío en yacimientos
3. Acarreo desde yacimientos hasta plantas procesadoras

4. Descarga en plantas procesadoras (selección de material)
5. Carguío en el cono que forma la planta procesadora
6. Acarreo desde el cono hasta acopio dentro de la zona de producción de materiales
7. Descarga en acopio dentro de la zona de producción de materiales
8. Carguío en acopio dentro de la zona de producción de materiales
9. Acarreo desde zona de producción de materiales hasta zona de rellenos respectiva, de la presa
10. Descarga en la zona de la presa

La secuencia mencionada se ilustra más detalladamente a continuación en la figura 4.3. Se incluye aquí el proceso de selección del material de relleno y su posterior acumulación en un sector de acopio.



Figura 4.3: Secuencia constructiva para explotación de material de yacimientos. *Fuente:* Elaboración propia

En esta sección del presente informe se verá hasta la descarga del material en el sector de la presa.

Los materiales de excavación de yacimientos pueden no ser lo suficientemente blandos como para ser excavados por un cargador, por lo que deben ser excavados y acopiados por una máquina que disponga de escarificador para la remoción de terrenos duros, es decir, una topadora bulldozer. Para este caso, es recomendable la utilización de una hoja topadora de tipo “SU” (semiumiversal), que combina las características de las hojas recta y universal, pudiendo penetrar terrenos compactos y teniendo capacidad para mayores cargas que la hoja recta.

Una vez que la topadora remueva el material y lo acopie, este puede ser cargado por un cargador frontal al equipo de acarreo (camión).

La eliminación de los fragmentos de roca de excesivo tamaño, cuando éstos se encuentran en un porcentaje superior al 1 %, es mejor realizarlo antes de poner el material en obra. De esta manera, se transporta el material a unas cribas (o tamices) accionadas eléctricamente que separan los fragmentos de tamaño excesivo [33]. Esto es, la selección del material y es donde se descartan los materiales de sobretamaño que no se requieran para la construcción.

Luego, el material seleccionado se cargará y transportará nuevamente por un cargador frontal a un sector de acopio, donde será nuevamente cargado a un equipo de acarreo (camión) que lo transportará al sector de construcción de la presa, donde será descargado.

Debe tenerse presente que el material de relleno debe consistir en una mezcla de materiales obtenidos de un corte uniforme y en toda la altura de la cara de la zanja a excavar del sector de yacimientos. Por eso, la maquinaria utilizada debe poder producir la mezcla uniforme de material requerida [33].

4.1.2. Construcción de rellenos de la presa

Es esencial tener en cuenta que para la construcción de terraplenes no se utilizarán matorrales, raíces u otros materiales orgánicos inconvenientes [33].

Antes de comenzar con la construcción de rellenos, la cimentación del terreno debe estar preparada, esto es, estar libre de agua, limpia y con todas las cavidades existentes (tanto las naturales como las excavadas para estudio del subsuelo) situadas por debajo de las cotas de cimentación, rellenadas y compactadas.

“Como las superficies rocosas se alteran rápidamente cuando se exponen al aire libre, deben ser cubiertas inmediatamente con material del terraplén” (USBR, 1970, pp. 508-510).

Con el objetivo de brindar un adecuado soporte a la pantalla de hormigón armado y de reducir las pérdidas de material en la zona de cara aguas arriba, antes de comenzar con la construcción de cada capa de rellenos, se coloca un bordillo de hormigón extruido en el talud de la presa. Luego de colocado el bordillo se procede a la construcción de la capa de rellenos, la cual inicia una vez descargado el material en el sector de la presa. Luego, se sigue la siguiente secuencia constructiva:

1. Colocación bordillo hormigón extruido
2. Colocación y extendido de rellenos
3. Nivelación de rellenos
4. Humectación de rellenos
5. Compactación de rellenos

La secuencia mencionada se ilustra a continuación en la figura 4.4.

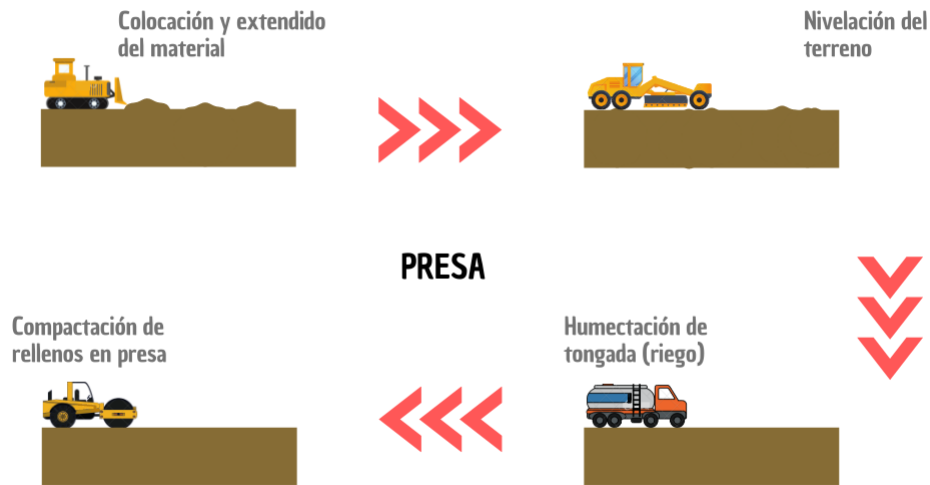


Figura 4.4: Secuencia constructiva para la construcción de rellenos. *Fuente:* Elaboración propia

El material descargado en el sector de la presa debe ser esparcido o extendido de manera controlada y horizontalmente a lo largo del terreno por una máquina que lo empuje: una topadora bulldozer. Para esta tarea se puede utilizar una hoja de tipo “U” (universal), debido a que se utilizará únicamente para empujar y extender el material depositado y no para excavación. El recorrido del bulldozer debe ser de estribo a estribo, es decir, a lo largo del eje de la presa, y no en el sentido transversal al eje, cuidando siempre evitar crear vías preferenciales de filtraciones

En las zonas permeables, es decir, a lo largo de casi toda la superficie, las partidas individuales de material deben colocarse de tal modo que el material vaya aumentando de tamaño hacia el talud de aguas abajo. Además, dado el espesor de capa compactada el inspector debe precisar, al principio de la obra, cuál debe ser el espesor de la capa sin compactar. En ese contexto, en caso de que aún luego de haber tamizado el material de relleno, quedaran cantos rodados o fragmentos rocosos de tamaño superior al espesor establecido, éstos deben ser llevados a la parte exterior del talud de aguas abajo [33].

Luego de esparcido el material, éste debe nivelarse con una motoniveladora.

Además, la humectación total y uniforme de las capas de material antes de la compactación es esencial para conseguir buenos resultados [33], debido a que se busca obtener la humedad óptima de los materiales para alcanzar la densidad exigida. Para esto se debe humectar mediante la pasada de un camión aljibe, añadiendo tanta agua como el material pueda fácilmente absorber y así poder ligarse a la siguiente tongada de material.

Finalmente, con el objetivo mejorar las características del comportamiento del suelo, se debe elevar su densidad mediante la compactación de las capas de material. La compactación

es afectada por tres factores: granulometría del material, contenido de humedad y esfuerzo de compactación.

La granulometría del material se refiere a la distribución del peso de las partículas de diversos tamaños en un suelo determinado. Un suelo bien granulado (distribución uniforme de tamaños) se compacta más fácilmente que uno inadecuado (mayor parte de las partículas del mismo tamaño).

Con respecto al contenido de humedad, el cual se mencionó anteriormente, es la cantidad de agua que contiene determinado volumen de suelo. El agua facilita el desplazamiento de las partículas a posiciones de mayor densidad.

El esfuerzo de compactación tiene que ver con el método de compactación que se utiliza mediante energía mecánica aplicada por maquinaria. Los tipos de esfuerzo de compactación usados son: presión, amasado, percusión y vibración [6]. Dependiendo del tipo de esfuerzo utilizado, se tienen distintos tipos de compactadores, como: pata de cabra, liso vibratorio, liso neumático.

Los distintos esfuerzos de compactación (y con ello también el tipo de compactador) serán más o menos aptos para cada tipo de suelo. Para esto, se muestra a continuación la figura 4.5 con un esquema que relaciona compactadores con tipos de suelo.

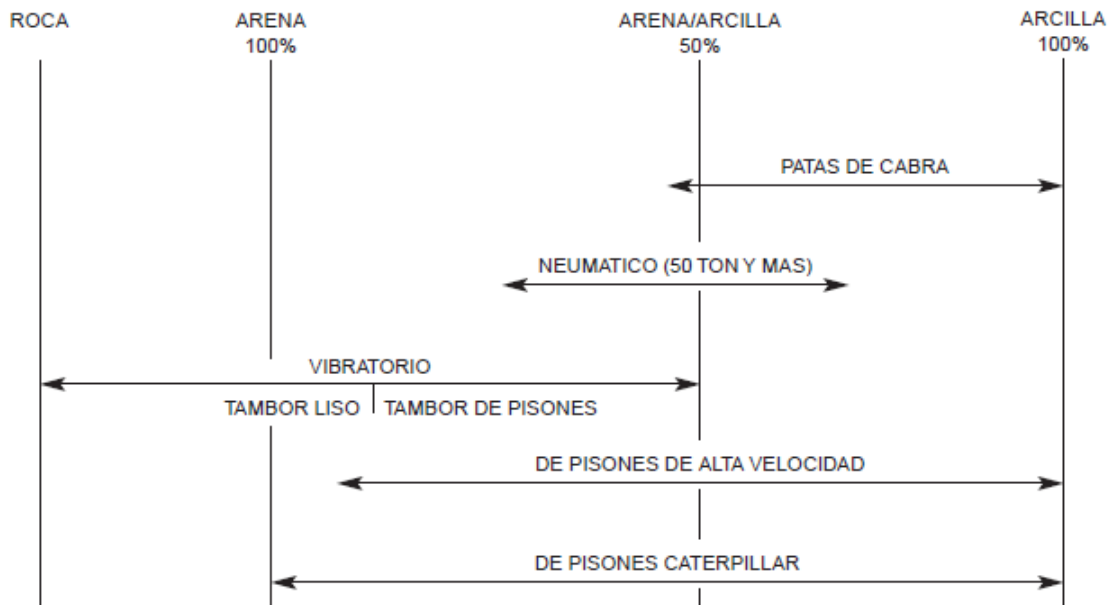


Figura 4.5: Equipo de compactación adecuado según el tipo de suelo. *Fuente:* Recuperado de Catálogo Caterpillar, 2000, p. 12-14

De esta manera, se compacta la capa de rellenos con un rodillo compactador liso vibratorio en el caso de los rellenos de material grueso o con rodillo compactador pata de cabra en el caso de zonas de material impermeable. Para el caso de Chironta, los rellenos a compactar son en su totalidad de material grueso, por lo que sólo requerirá del uso de un rodillo compactador

liso vibratorio.

“Al compactar suelos permeables mediante pasadas de tractores de orugas, es de desear que estos tractores trabajen a la máxima velocidad admisible. Una velocidad alta produce una mayor vibración, lo que colabora eficazmente en la compactación. En la inspección de estos trabajos, con tractores que compactan en cada viaje un ancho fijo, es importante comprobar que el tractor cubre toda la zona antes de efectuar la segunda pasada” [33].

Posteriormente, la inspección debe comprobar el espesor de la capa compactada. Finalmente, se continúa el mismo procedimiento descrito para la siguiente tongada de material.

Cabe hacer notar la distinción entre la compactación común o masiva y la compactación delicada o especial. La primera se refiere a la compactación con rodillos en los lugares en los que es practicable su utilización. Sin embargo, habrán otros lugares en los que el uso del rodillo sea impracticable o inconveniente. En estos lugares se realizará una compactación especial por medio de rodillos especiales, apisonado mecánico u otros métodos.

En la figura 4.6 se ilustran ambos casos de compactación.

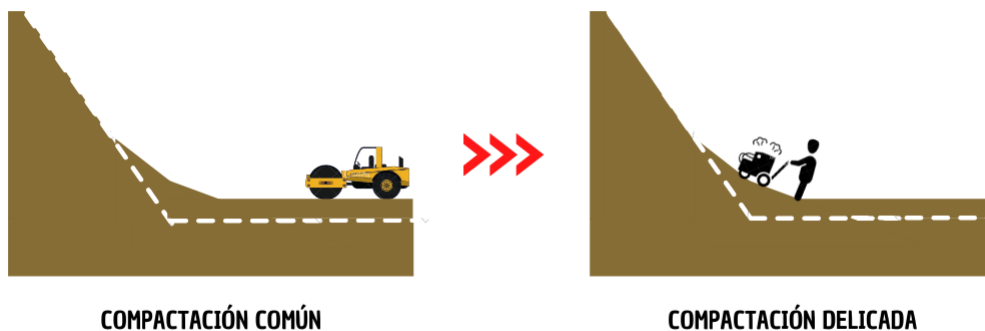


Figura 4.6: Casos de compactación según zona. *Fuente:* Elaboración propia

La compactación especial se deberá realizar en los siguientes lugares:

- Zonas del terraplén adyacentes a las estructuras
- Las zonas del terraplén de la presa en estribos con gran pendiente e irregularidad
- El suelo colocado para relleno de alguna excavación adicional, en las cimentaciones de las estructuras.

Esta compactación o tratamiento especial, es como un tratamiento de junta que garantiza la inexistencia de vías preferenciales de filtraciones en la zona de presa. Normalmente se humedecen las zonas respectivas, se aplica rodillado especial, con equipos menores o distintos a los empleados en las capas propiamente tales y una compactación contra los taludes o muros.

Para finalizar, es importante señalar, que la construcción de terraplenes se realiza de estribo a estribo, para cada tongada de material [33]. Además, las zonas del terraplén deberán mantenerse aproximadamente a un mismo nivel, lo que se observa en la figura 4.7 que se muestra a continuación:

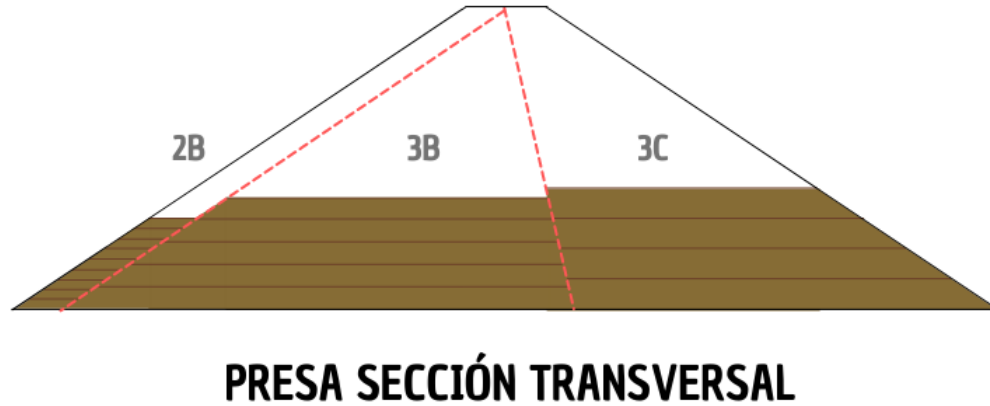


Figura 4.7: Figura explicativa del avance de la construcción de terraplenes en distintas zonas de la presa. *Fuente:* Elaboración propia

4.1.3. Construcción del plinto y de la pantalla de hormigón armado

Las faenas de hormigonado que se analizan en la presente sección corresponden a la pantalla de hormigón que se construye sobre el talud de aguas arriba de la presa, y al plinto, que constituye la fundación de esta pantalla.

Con respecto al plinto, la secuencia constructiva será esencialmente la misma que para la pantalla de hormigón, la cual se detallará más adelante. Sin embargo, la construcción del plinto y de su emplantillado se realiza antes que la de la pantalla. La construcción del plinto comienza una vez finalizadas todas las excavaciones de fundación de la presa, incluyendo las excavaciones para el mismo plinto; mientras que la construcción de la pantalla de hormigón comienza una vez finalizada la construcción de rellenos.

El plinto y su emplantillado se construirán de manera simultánea, hormigonándolos por etapas, con un solo frente de trabajo, primero desde el fondo del valle hacia una de las laderas y luego repitiendo este proceso hacia la otra ladera.

Con respecto a la pantalla de hormigón armado, las losas se deben construir de una sola vez, desde su base unida al plinto hasta su coronación. De esta forma, no son necesarias las juntas de construcción horizontales en la pantalla y se evitan esfuerzos de compresión y dilatación que podría sufrir el hormigón, producto de verse sometido a los asentamientos iniciales de los rellenos de la presa. Todo esto contribuye a la prevención de fallas en el hormigón.

Con lo anterior, la construcción de la pantalla de hormigón armado en la presa del embalse Chironta iniciará una vez que se termine la construcción de rellenos. Así, la secuencia

constructiva para cada una de las losas de hormigón armado es la siguiente:

1. Preparación del terreno de fundación de la pantalla de hormigón.
2. Colocación de armadura
3. Colocación de moldaje deslizante
4. Previa llegada del camión mixer al coronamiento de la presa
5. Avance del moldaje deslizante y hormigonado
6. Vibrado del hormigón
7. Curado del hormigón
8. Iteración del proceso constructivo para siguiente losa

De acuerdo con la secuencia constructiva descrita, se comienza con la preparación del terreno donde se fundará la pantalla de hormigón armado. Esto es, limpiar las superficies de la suciedad o cualquier otra sustancia dañina y conservarlas limpias hasta el hormigonado. Dado que para la construcción de esta presa se utilizará hormigón extruido durante la construcción de rellenos, no será necesaria la construcción de un emplantillado para la pantalla de hormigón.

Mientras tanto, debe procurarse tener preparadas las mallas de enfierradura listas para su colocación. Para esto, debe efectuarse el corte y doblado de los fierros fuera del sitio de la presa y luego trasladar la enfierradura hasta la presa.

Una vez preparado el terreno de fundación de la pantalla, las armaduras se colocarán en su posición definida en los planos y se asegurarán con elementos auxiliares (soportes, espaciadores, otros) para que no se muevan durante la puesta en obra del hormigón. Luego de colocadas las armaduras, se inspeccionarán sus características de tamaño, forma, longitud, empalme, posición y cuantía. Antes de hormigonar, se debe asegurar que las juntas de construcción (superficies de hormigón sobre las que se va a colocar un hormigón fresco y que han endurecido tanto que éste no pueda incorporarse al anterior) estén limpias, libres de hormigón defectuoso y sean humedecidas cuando se vayan a cubrir con hormigón fresco. También debe asegurarse que las armaduras están limpias y firmes en la posición correcta. [33].

Por otro lado, el hormigón debe ser transportado en camiones mixer desde la planta de hormigón hasta la zona de la presa de la obra. Mientras el hormigón es transportado, es importante evitar su segregación durante el llenado y descarga de los camiones, debido a que la segregación provocaría en el hormigón pérdidas de homogeneidad y resistencia. A momento de descargar, no debe haber agua libre sobre la superficie del hormigón, ni existir demasiado asentamiento del árido grueso, o apelmazamiento en el fondo de la carga. Si esto sucede, se puede reducir esta estratificación, utilizando elementos agitadores montados sobre los camiones [33].

Para la puesta en obra del hormigón, la temperatura de éste, debe estar entre los 4 y los 32°C, con temperatura ambiente moderada. Si la temperatura es tal, que el hormigón supera los 32°C, se deberá emplear métodos de enfriamiento o la puesta en obra del hormigón durante la noche [33].

Antes de comenzar el hormigonado, debe instalarse el moldaje. Para este caso se utiliza un

moldaje deslizante, el cual consiste en un sistema de moldaje donde el encofrado está unido a una plataforma trepante con rieles, que se mueve de manera ascendente y continua a baja velocidad, al mismo tiempo que el moldaje es embebido por hormigón. El hormigón es vaciado desde camiones en el coronamiento de la presa, hacia abajo del nivel de la plataforma, mediante un tubo y con un capacho inmerso en el hormigón, que se mueve en el sentido longitudinal del moldaje, de modo que se llenen todos los espacios. La plataforma del moldaje puede estar compuesta de 2 o más pisos, sobre los cuales hay operarios que inmediatamente luego de ser colocado el hormigón, lo vibran, y otros operarios que van tendiendo las arpilleras para curar el hormigón ya vibrado.

Durante la introducción del hormigón, debe evitarse que esto sea a altas velocidades que pueden producir segregación y sin dejarlo fluir, para que el movimiento lateral no cause también segregación del árido grueso, mortero o agua de la masa. En caso de que se produzcan bolsas del árido grueso separadas de la masa, deberán ser apartadas antes de vibrar el hormigón.

Se evitará, en la medida que sea posible, la discontinuidad en la colocación del hormigón. En caso de que se interrumpa la colocación, se consolidará el hormigón en las juntas formadas hasta que tenga una pendiente uniforme y estable, mientras el hormigón se mantenga en estado plástico.

Cuando se hormigona una losa en un talud, la consistencia del hormigón debe ser tal que a duras penas se mantenga en la pendiente, pero no debe ser más seca que eso. Después de extendido, el hormigón debe ser vibrado totalmente, preferiblemente desde un encofrado deslizante de gran peso y recubierto de acero, para enrasar, que trabaje de abajo hacia arriba [33].

Ya finalizada la puesta en obra del hormigón, las superficies serán inspeccionadas para determinar si las irregularidades que se presentan están dentro de los límites establecidos. Las irregularidades se clasifican en brucas (las causadas por desplazamientos o mala colocación de los encofrados, por nudos de la madera o cualquier otro defecto) y graduales (todas las que no sean brucas).

Para el acabado de la parte del paramento de aguas arriba, que vaya a estar cubierto por el agua durante la mayor parte de su vida probable, su superficie no necesitará tratamiento una vez desencofrada, excepto por la reparación del hormigón defectuoso y el rellenado de los huecos que queden al retirar los pasadores y partes finales de los tirantes. Se corregirán solamente las depresiones en la superficie cuya profundidad sea al menos de 2,5 cm [33].

La reparación de las imperfecciones se realizará dentro de las veinticuatro horas siguientes al desencofrado. El hormigón que defectuoso o fracturado y el que tenga depresiones excesivamente grandes en su superficie, se removerá y sustituirá, por relleno seco, mortero u hormigón. Si al quitar los tirantes resultan huecos mayores de 6 mm de diámetro, serán rellenados [33].

Posteriormente, el hormigón se curará con agua o por medio de una membrana. Las superficies de gran pendiente, como la pantalla de hormigón, se mantendrán continuamente húmedas antes del desencofrado y durante él, aplicando agua a las superficies no encofradas

y permitiendo que penetre entre el encofrado y la superficie del hormigón. A continuación, se detallan los dos tipos de curado:

- El hormigón curado con agua se mantendrá húmedo cubriéndolo con un material saturado de agua, por riego con manguera perforada o cualquier otro método que mantenga la humedad continuamente. Esto se hará al menos durante los catorce días siguientes a su puesta en obra o hasta que se cubra con nuevo hormigón.
- El curado por membrana se conseguirá rociando las superficies de hormigón con un producto de sellado que forme una película continua y uniforme que retenga el agua del hormigón. El compuesto de sellado será incoloro y tendrá una consistencia y calidad uniforme. En superficies de hormigón encofradas, aplicará el producto de sellado luego de desencofrar y humedecer las superficies de hormigón, tan pronto como desaparezca la película superficial de humedad, pero cuando aún tenga apariencia de estar mojado. Una vez que se haya secado se podrá realizar cualquier reparación que necesite el hormigón. Se evitará producir cualquier daño en la membrana durante un periodo no inferior a veintiocho días. Cuando sea imposible evitar el pasar por la superficie que se está curando, se cubrirá con una capa de arena o tierra [33].

Es necesario impedir el secado prematuro para que el hormigón alcance su calidad potencial. En tiempo caluroso, seco y con mucho viento, las esquinas, bordes y superficies se secan muy rápidamente. Si estas partes se cuidan, se tendrá seguridad de que las zonas interiores del hormigón estarán también curadas [33].

Finalmente, es importante recordar de los antecedentes del proyecto, que la pantalla de hormigón armado estará compuesta por 20 losas, donde 18 de éstas tendrán un ancho de 15 m, otra en un costado con un ancho levemente menor de 15 m y, una losa pequeña en el otro costado. Estas losas serán hormigonadas de manera alternada y partiendo por la losa de cota más baja (y la de mayor largo), tal como se observa en la figura 4.8.

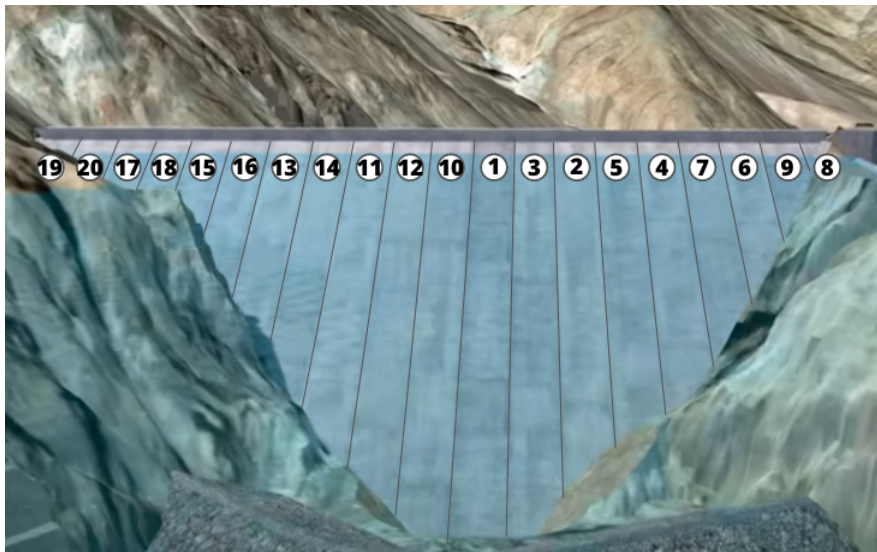


Figura 4.8: Orden del hormigonado de losas *Fuente:* Elaboración propia

4.2. Metodología de cálculo y resultados de los rendimientos requeridos

Antes de escoger la maquinaria a utilizar, es necesario hacer el cálculo de los rendimientos requeridos de cada actividad, de manera que se puedan cumplir los plazos de la obra. Para esto, es necesario calcular el volumen que manejarán las máquinas y la duración efectiva en horas, para cada caso.

4.2.1. Volúmenes de tierra y roca

Los volúmenes reales a mover de tierra o roca se calculan considerando el esponjamiento y compactación del material; factores que influirán en la producción del movimiento de tierras. A continuación, se detallarán los aspectos a considerar para el cálculo de los volúmenes netos: volúmenes cubicados, factores de esponjamiento y compactación, y factor de material utilizable para rellenos.

Volúmenes cubicados

En esta sección se presentan los volúmenes cubicados de las excavaciones y de los rellenos. Para el caso de las excavaciones de material de terreno de fundación, estos volúmenes se encuentran en su estado natural o en banco; mientras que para el caso de las excavaciones y construcción de terraplenes con material de relleno, estos volúmenes se encuentran en estado compactado, es decir, ya formando el terraplén de la presa.

- Excavación de material de terreno de fundación

A continuación, en la tabla 4.1, se presentan los volúmenes de todas las excavaciones abiertas, tanto de material común como de roca.

Tabla 4.1: Volúmenes cubicados actividad de excavaciones abiertas de material de terreno de fundación

Actividad	Sub-actividad	Volumen [m^3]
Excavación en material común	Fundación de la presa: Zona A	40 236
	Fundación de la presa: Zona C y D	76 356
	En laderas zona de la presa	26 326
	En evacuador de crecidas	96 403
	En fundaciones ataguía	10 000
	En portales de túnel de desvío	1000
	En casa de válvulas y otros lugares	1500
Excavación en roca	En casa de válvulas y otros lugares	2500
	En laderas y zonas del valle	100 970
	En evacuador de crecidas	869 615
	En portales túnel de desvío	68 000

Fuente: Elaboración propia.

- Excavación de producción de materiales en yacimientos

A continuación, en la tabla 4.2, se presentan los volúmenes de todos los rellenos del sector de la presa.

Tabla 4.2: Volúmenes cubicados actividad de excavaciones de producción de materiales en yacimientos

Actividad	Sub-actividad	Volumen [m^3]
Rellenos de la presa	Zona 1 de la presa	1000
	Zona 2A de la presa	11 195
	Zona 2B de la presa	63 625
	Zona 3B de la presa	1 209 055
	Zona 3C de la presa	940 376
	Zona 3D de la presa	22 390
	Zona 4 de la presa (enrocado)	1260
	Carpeta de rodado en coronamiento	630
	Material granular seleccionado (9" - 16")	432
Rellenos ataguía		54 842
Rellenos estructurales		600
Rellenos de nivelación		600
Enrocados sin consolidar		720
Enrocados consolidados		235

Fuente: Elaboración propia.

- Construcción de terraplenes

Para la construcción de terraplenes, se considerarán sólo los rellenos masivos de la presa, que corresponden a los de las zonas 2B, 3B y 3C. A continuación, se presentan los volúmenes de estos rellenos en la tabla 4.3

Tabla 4.3: Volúmenes cubicados actividad de construcción de terraplenes con material de relleno

Actividad	Sub-actividad	Volumen [m^3]
Rellenos de la presa	Zona 2B de la presa	63 625
	Zona 3B de la presa	1 209 055
	Zona 3C de la presa	940 376

Fuente: Elaboración propia.

Factores de esponjamiento y compactación del material

"Los terrenos, ya sean suelos o rocas más o menos fragmentadas, están constituidos por la agregación de partículas de tamaños muy variados. Entre estas partículas quedan huecos, ocupados por aire y agua"[31].

Cuando se reordenan estas partículas mediante el movimiento de tierras del material, el volumen que ocupa una misma cantidad de este, varía. De esta forma, se tienen en general tres estados del material con distinto volumen, los cuales se detallan a continuación:

- Material natural o en banco: material tal como se encuentra en su estado natural in situ.
- Material suelto o esponjado: material después de haber sido alterado por un proceso de excavación y carga.
- Material compactado: material en estado compactado, una vez que ya está constituyendo parte del terraplén.

Una vez que el material en banco es excavado, este aumenta su volumen al aumentar la cantidad de huecos entre sus partículas. Luego, este material suelto es transportado y llevado a la zona donde se utilizará como relleno. Aquí, es compactado a un nivel a veces mayor y a veces menor del que se encontraba en su estado natural. El fenómeno descrito se ilustra a continuación en la figura 4.9.



Figura 4.9: Cambios de volumen del material durante procesos constructivos. *Fuente:* Elaboración propia

Al observar la figura es claro que, a partir del momento en que el material es excavado, este se encontrará en su estado esponjado. De esta forma, tanto para el carguío y acarreo del material como para su esparcido, es adecuado utilizar el volumen del material suelto en los cálculos.

Ahora, para calcular el volumen suelto de un material, es necesario saber su factor de esponjamiento F_E , el que se define como:

$$F_E = \frac{V_S}{V_B} \quad (4.1)$$

Donde:

V_S : Volumen del material en estado suelto o esponjado.

V_B : Volumen del material en su estado natural (en banco).

Asimismo, para calcular el volumen compactado de un material es necesario saber su factor de compactación F_C el cual se define como:

$$F_C = \frac{V_C}{V_S} \quad (4.2)$$

Donde:

V_C : Volumen del material en estado compactado.

V_S : Volumen del material en estado suelto o esponjado.

Los factores de conversión volumétrica descritos dependen del tipo de material con el que se esté trabajando. De la página web de Ingeniería Herbmema [17], se obtuvieron los valores de referencia para los volúmenes aparentes de distintos materiales, que se exponen a continuación en la tabla 4.4 .

Tabla 4.4: Factores de conversión volumétrica desde estado natural.

Tipo de material	Volumen aparente del material		
	Natural V_B	Suelto V_S	Compactado V_C
Arcilla	1,00	1,43	0,90
Tierra común	1,00	1,25	0,90
Arena	1,00	1,11	0,95
Grava	1,00	1,12	0,95
Roca dinamitada	1,00	1,50	1,30

Fuente: Adaptado de

<https://hebmerma.com/carreteras/rendimiento-de-maquinaria-pala-mecanica-excavadora/>.

De manera conservadora, se tomará un volumen aparente mayor del expuesto en la tabla 4.4 para el material común de los rellenos, debido a que este es en realidad más grueso que la grava natural. Además, el valor sugerido de su factor de esponjamiento es mayor en otras referencias. Se tomará para la grava un volumen aparente $V_E=1,30$. Tomando esto en cuenta, se tendrán entonces los siguientes factores de esponjamiento F_E y de compactación F_C :

- Factor de esponjamiento para tierra F_{E-t} y para roca F_{E-r} :

$$F_{E-t} = \frac{1,3}{1} = 1,3 \quad (4.3)$$

$$F_{E-r} = \frac{1,5}{1} = 1,5 \quad (4.4)$$

- Factor de compactación para tierra F_{C-t} y para roca F_{C-r} :

$$F_{C-t} = \frac{0,95}{1,3} = 0,73 \quad (4.5)$$

$$F_{C-r} = \frac{1,3}{1,5} = 0,87 \quad (4.6)$$

Una vez considerados los factores de esponjamiento y compactación, tanto para tierra como para roca, se obtienen los volúmenes para cada actividad de movimiento de tierras. A continuación, se exponen los volúmenes calculados:

Tabla 4.5: Volúmenes movimiento de tierras

Actividad	Volumen [m^3]
Excavación de material de terreno de fundación	1 888 995
Excavación de producción de materiales en yacimientos	3 156 282
Construcción de terraplenes	2 213 056

Fuente: Elaboración propia.

Material de descarte

Finalmente, como se mencionó en el Capítulo 3 del presente informe, en los yacimientos a explotar para la producción de material de relleno, se encuentra gran cantidad de material de sobretamaño. Debido a esto, el porcentaje utilizable de los yacimientos de manera directa es aproximadamente un 56 % [20]. Es fundamental tomar en cuenta esto en el cálculo de los rendimientos requeridos para el movimiento de tierras del material de relleno. Así, se considerará el factor de material utilizable para relleno F_U como:

$$F_U = 0,56 \quad (4.7)$$

4.2.2. Volúmenes hormigón

- Construcción del plinto y de pantalla de H.A.

A continuación, en la tabla 4.6, se presenta el volumen tanto de la pantalla impermeable, como de su fundación: el plinto; ambos compuestos de hormigón armado.

Tabla 4.6: Volúmenes cubicados actividad de hormigones

Actividad	Sub-actividad	Volumen [m^3]
Hormigones	Plinto	2012
	Pantalla impermeable	10 390

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la pantalla impermeable, dado que no se cuenta con información de las dimensiones específicas de cada losa, se estimaron dimensiones acorde a la información disponible. En particular, se debieron suponer las medidas del ancho de las losas n° 8 y n° 19, que corresponden a las losas de los costados derecho e izquierdo (en la imagen 4.8) de la pantalla, respectivamente.

A continuación, en la tabla 4.7 se desglosan las dimensiones estimadas de cada losa y su volumen.

Tabla 4.7: Dimensiones y volumen de losas de la pantalla de hormigón

N° Losa	Ancho [m]	Longitud [m]	Espesor [m]	Volumen [m^3]
1	15	175	0,40	1048
2	15	139	0,40	832
3	15	161	0,40	964
4	15	109	0,40	653
5	15	124	0,40	743
6	15	59	0,40	356
7	15	83	0,40	498
8	14	14	0,40	40
9	15	31	0,40	184
10	15	167	0,40	1001
11	15	129	0,40	776
12	15	148	0,40	890
13	15	85	0,40	510
14	15	111	0,40	665
15	15	42	0,40	253
16	15	60	0,40	357
17	15	33	0,40	195
18	15	43	0,40	260
19	4	10	0,40	16
20	15	25	0,40	149
Total	288	-	-	10 390

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 4.7, cabe destacar que con las dimensiones consideradas del ancho de las losas, se obtiene una longitud total de la presa de 288 m, que no coincide con los 274 m de longitud del coronamiento de la presa.

4.2.3. Duración actividades

La duración de la actividad en horas efectivas DH se calcula a partir de la duración en días DD contenida en el programa del proyecto, considerando que la jornada laboral será de 11 horas efectivas por turno. Así, la duración en horas DH para cada actividad, queda dada por:

$$DH = N^{\circ}turnos \cdot 11 \cdot DD \quad (4.8)$$

En general, se tomarán los plazos establecidos en el programa de construcción de la presa Chironta. Sin embargo, a la actividad de excavaciones de material de terreno de fundación, en este programa se le asigna una duración total de 606 días, lo cual es un plazo excesivo para una actividad como esta, considerando que estas excavaciones deben concluir antes de comenzar con la actividad de rellenos. Debido a esto, no se utilizará el plazo mencionado, sino que se supondrá una duración de 8 meses (244 días) para esta actividad.

Por otro lado, para las excavaciones de producción de materiales en yacimientos y construcción de rellenos, se tiene un plazo total de 393 días. Dado que la actividad de excavación de producción de materiales en yacimientos y la actividad de construcción de terraplenes, pueden llevarse a cabo de manera simultánea, se considerará el mismo plazo para ambas actividades. No obstante, se debe tomar en cuenta que la actividad de excavación de producción de materiales en yacimientos debe comenzar antes de la construcción de terraplenes, dado que se debe mantener una cantidad significativa de material de relleno listo y acopiado para ser utilizado en la construcción de la presa.

En las Especificaciones técnicas especiales del proyecto [21], se establece que el contratista deberá mantener un acopio de por lo menos un 20% del volumen total, en el caso de los materiales de la zona 2B, por lo que se procurará comenzar la producción de materiales de relleno con los de correspondientes a esta zona.

Para los otros rellenos, no se detalla un monto mínimo de volumen en acopio, pero se supondrá un desfase de 3 días entre el comienzo de las excavaciones de producción de materiales en yacimientos con el de la construcción de terraplenes. Así, tanto para la excavaciones de los producción como para su uso en la construcción de terraplenes, se tiene un plazo de 390 días.

Con respecto a la construcción del plinto, en el programa de Chironta mencionado antes, se le asigna una duración total de 319 días, el cual es un plazo desmedido para una actividad que no es especialmente masiva. Por consiguiente, no se utilizará esa duración, sino que se tomará como supuesto una duración de 4 meses (122 días) para esta actividad.

Finalmente, para la construcción de la pantalla de hormigón armado, se tiene un plazo de 180 días.

A continuación se presentan los plazos de ejecución, en horas, de las principales actividades de la obra:

- Excavación de material de terreno de fundación:

Esta actividad se llevará a cabo en dos turnos, por lo que su duración en horas DH_{ef} queda dada por:

$$DH_{ef} = 2 \cdot 11 \cdot DD_{ef} = 22 \text{ h/d} \cdot 244 \text{ d} = 13\,332 \text{ h} \quad (4.9)$$

- Excavación de producción de materiales en yacimientos:

Esta actividad se llevará a cabo en dos turnos, por lo que su duración en horas DH_{er} queda dada por:

$$DH_{er} = 2 \cdot 11 \cdot DD_{er} = 22 \text{ h/d} \cdot 390 \text{ d} = 6\,908 \text{ h} \quad (4.10)$$

- Construcción de terraplenes:

Esta actividad se llevará a cabo en dos turnos, por lo que su duración en horas DH_{ct} queda dada por:

$$DH_{ct} = 2 \cdot 11 \cdot DD_{ct} = 22 \text{ h/d} \cdot 390 \text{ d} = 6908 \text{ h} \quad (4.11)$$

- Construcción del plinto y pantalla de H.A.:

Esta actividad requiere de mayor prolijidad, por lo que es recomendable realizarla sólo en turno diurno, a la luz del día. Debido a esto, para la actividad de hormigonado se tendrá un único turno de 11 horas efectivas, por lo que su duración en horas DH_{pl} queda dada por:

$$DH_{pl} = 11 \cdot DD_{pl} = 11 \text{ h/d} \cdot 122 \text{ d} = 1342 \text{ h} \quad (4.12)$$

El hormigonado de la pantalla, al igual que el del plinto, es recomendable realizarla sólo en turno diurno, por lo que su duración en horas DH_h queda dada por:

$$DH_h = 11 \cdot DD_h = 11 \text{ h/d} \cdot 180 \text{ d} = 1980 \text{ h} \quad (4.13)$$

4.2.4. Rendimientos requeridos

Finalmente, se calcularán los rendimientos o producción requerida, tomando en cuenta el estado en que se encuentra el material a mover para el cálculo del volumen, y considerando además, los turnos de trabajo y el porcentaje de material utilizable para relleno. A continuación se detalla la fórmula utilizada tanto para el caso del material de excavación del terreno de fundación, como para el movimiento de tierras del material de relleno.

- Excavación de material de terreno de fundación:

El volumen cubicado se encuentra en estado natural (en banco). Se debe pasar el volumen de cada excavación a volumen esponjado, multiplicando por el factor de esponjamiento F_{E-t} o F_{E-r} , según el material corresponda a tierra o a roca, respectivamente. La suma de todos los volúmenes a excavar esponjados, dividido por la duración de esta actividad en horas, da como resultado el rendimiento, tal como se muestra en la siguiente fórmula:

$$R_{ef} = \frac{\sum V_{ef} \cdot F_E}{DH_{ef}} = \frac{1\,888\,995 \text{ m}^3}{22 \text{ h/d} \cdot 244 \text{ d}} = 351,90 \text{ m}^3/\text{h} \quad (4.14)$$

Donde:

R_{ef} : Rendimiento o producción excavación de fundación, en m^3/h .

V_{ef} : Volumen de excavación de fundación cubicado, en banco, en m^3 .

F_E : Factor de esponjamiento del material, F_{E-t} o F_{E-r} , según corresponda. .

- Excavación de producción de materiales en yacimientos:

El volumen cubicado se encuentra en estado natural compactado. Se debe pasar a volumen esponjado dividiendo por el factor de compactación F_{C-t} o F_{C-r} , según corresponda a tierra o a roca, respectivamente. Además, del volumen excavado sólo se

utilizará un 56 % para relleno, es decir, se deberá excavar una mayor cantidad de material del que se utilizará. Esta cantidad se calcula dividiendo el volumen requerido por el factor F_U . La suma de todos los volúmenes a excavar esponjados, dividido por la duración de esta actividad en horas, da como resultado el rendimiento, tal como se muestra en la siguiente fórmula:

$$R_{er} = \frac{\sum V_r/F_C}{DH_{er}} \cdot \frac{1}{F_U} = \frac{3\,156\,282\,m^3}{22\,h/d \cdot 390\,d} \cdot \frac{1}{0,56} = 656,90\,m^3/h \quad (4.15)$$

Donde:

R_{er} : Rendimiento o producción excavación de rellenos, en m^3/h .

V_r : Volumen de rellenos cubicado, compactados, en m^3 .

F_C : Factor de compactación del material, F_{C-t} o F_{C-r} , según corresponda.

F_U : Factor utilizable del material excavado para relleno.

- Construcción de terraplenes:

El volumen cubicado se encuentra en estado natural compactado y los rendimientos calculados de la maquinaria de nivelación, riego y compactación; se obtendrán también en volumen cubicado, por lo que no se debe aplicar ningún factor. Así, el rendimiento queda dado por la suma de los volúmenes compactados dividido por la duración de esta actividad, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$R_{ct} = \frac{V_r}{DH_{ct}} = \frac{2\,213\,056\,m^3}{22\,h/d \cdot 390\,d} = 257,93\,m^3/h \quad (4.16)$$

Donde:

R_{ct} : Rendimiento o producción rellenos en m^3/h .

V_r : Volumen de rellenos cubicado, en estado compactado, en m^3 .

Por otro lado, el rendimiento calculado para la maquinaria de esparcido o extendido, estará dado por la capacidad de la máquina bulldozer, la cual está determinada para material suelto. Por ese motivo, se debe aplicar el factor de compactación F_{C-t} o F_{C-r} a la capacidad de la máquina. De esta forma, se todos los rendimientos en la construcción de terraplenes se encontrarán en volumen compactado.

- Construcción del plinto y pantalla de H.A.:

El rendimiento para el hormigonado del plinto queda dado por el volumen de hormigón dividido por la duración de esta actividad, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$R_{pl} = \frac{V_{pl}}{DH_{pl}} = \frac{2012\,m^3}{11\,h/d \cdot 122\,d} = 1,50\,m^3/h \quad (4.17)$$

Donde:

R_{pl} : Rendimiento o producción hormigonado plinto, en m^3/h .

V_{pl} : Volumen de hormigón plinto cubicado, en m^3 .

El rendimiento para el hormigonado de la pantalla se calcula de igual manera, quedando como en la siguiente fórmula:

$$R_h = \frac{V_h}{DH_h} = \frac{10\,390\text{ m}^3}{11\text{ h/d} \cdot 180\text{ d}} = 5,25\text{ m}^3/\text{h} \quad (4.18)$$

Donde:

R_h : Rendimiento o producción hormigonado pantalla, en m^3/h .

V_h : Volumen de hormigón pantalla cubicado, en m^3 .

En el apartado siguiente, se expondrá la metodología de cálculo del rendimiento obtenido para distintas alternativas de maquinaria.

4.3. Metodología de cálculo de los rendimientos de la maquinaria

En esta sección, para cada una de las actividades principales, se propondrán alternativas de máquinas de distinta capacidad, adecuadas para cumplir con la actividad designada. Estas máquinas se supondrán nuevas, dado que se calcularán sus rendimientos de acuerdo a la información de sus respectivos catálogos.

Luego, se detallarán todos los factores a considerar para el cálculo del rendimiento de cada máquina o combinación de máquinas propuestas como alternativa.

Los rendimientos obtenidos a partir de las fórmulas de esta sección, estarán en m^3 de volumen suelto por hora para excavación, carguío y transporte; y en m^3 de volumen compactado por hora para esparcido, humectación, nivelación y compactación.

4.3.1. Excavaciones

Maquinaria considerada y capacidad del equipo

- Excavaciones terreno de fundación
Dado que esta excavación es de tipo no masiva y requiere de cierta precisión al acercarse al sello de fundación, tanto su excavación como su carguío se llevarán a cabo con una misma maquinaria, la cual se detallará en el apartado de carguío y transporte.
- Escarpe y excavaciones de producción de materiales en yacimientos
Para la excavación del escarpe y de los yacimientos de material de relleno, se requerirá de maquinaria de excavación y de maquinaria de carguío. A continuación se detallan las opciones consideradas para la excavación del material.

Tabla 4.8: Maquinaria de esparcido o extendido: Topadora bulldozer

Topadora bulldozer			
Fabricante	Modelo	Tipo de hoja	Capacidad volumétrica C_b [m^3]
Caterpillar	D8R	Semiuniversal	8,68
Caterpillar	D9R	Semiuniversal	13,5
Caterpillar	D10R	Semiuniversal	18,5
Caterpillar	D11R	Semiuniversal	27,2

Fuente: Elaborado a partir de Catálogo Caterpillar

Tiempo de ciclo excavación

El tiempo de ciclo de la topadora bulldozer para la actividad de excavación, estará dado por:

$$T_{CEX} = t_{fB} + t_{aB} + t_{rB} \quad (4.19)$$

Donde:

T_{CEX} : tiempo de ciclo excavación con bulldozer.

t_{fB} : tiempo fijo de maniobras para volver a iniciar.

t_{aB} : tiempo variable de avance o excavación.

t_{rB} : tiempo variable de retorno al lugar de inicio.

El tiempo fijo t_{fB} es de 0,05 min para tractores topadores con servotransmisión [6]. Sin embargo, en condiciones reales de trabajo, este tiempo fijo puede llegar a ser de 0,25 min. Así, de manera conservadora, se tiene:

$$t_{fB} = 0,25 \text{ min} = 15 \text{ s} \quad (4.20)$$

Los tiempos variables de excavación y de retorno, están dados por la velocidad de excavación y de retorno de la bulldozer y la distancia que recorrerá en cada excavación. La distancia de excavación d_{ex} con estas máquinas ronda los 15 m de longitud. De esta manera, el tiempo variable de excavación t_{aB} y el tiempo variable de retorno, quedarán dados por:

$$t_{aB} = \frac{d_{ex}}{v_{aB}} = \frac{15 \text{ m}}{v_a} \quad (4.21)$$

$$t_{rB} = \frac{d_{ex}}{v_{rV}} = \frac{15 \text{ m}}{v_r} \quad (4.22)$$

Donde:

v_{aB} : velocidad de avance del tractor (excavación).

v_{rB} : velocidad de retorno del tractor.

d_e : distancia de excavación.

Se considerará la velocidad de excavación del tractor v_{aB} en 1^{ra} de avance y la velocidad de retorno del tractor v_{rB} en 2^{da} de retroceso [6]. Estas velocidades dependerán del modelo del tractor y se presentan a continuación en la tabla 4.9 para los modelos de máquinas consideradas.

Tabla 4.9: Velocidades de máquinas topadoras bulldozer

		Topadora bulldozer	
Fabricante	Modelo	Velocidad avance v_{aB} en 1 ^{ra} [km/h]	Velocidad retroceso v_{rB} en 2 ^{da} [km/h]
Caterpillar	D8R	3,5	8,1
Caterpillar	D9R	3,9	8,4
Caterpillar	D10R	4,0	8,9
Caterpillar	D11R	3,9	8,2

Fuente: Elaborado a partir de Catálogo Caterpillar

Factores de corrección por condiciones de trabajo

Según el manual de rendimiento Caterpillar [6], los factores de corrección son los que se presentan a continuación en la tabla 4.10.

Tabla 4.10: Factores de corrección según condiciones de trabajo

Factor	Tractor de cadenas	Tractor de ruedas
OPERADOR:		
Excelente	1,00	1,00
Bueno	0,75	0,60
Deficiente	0,60	0,50
MATERIAL:		
Suelto y amontonado	1,20	1,20
Difícil de cortar; congelado		
con cilindro de inclin. lateral	0,80	0,75
sin cilindro de inclin. lateral	0,70	-
hoja con control de cable	0,60	-
Difícil de empujar; se apelmaza (seco, no cohesivo) o material muy pegajoso.	0,80	0,80
Rocas desgarradas o de voladura	0,60-0,80	-
EMPUJE POR METODO DE ZANJA	1,20	1,20
CON DOS TRACTORES JUNTOS	1,15-1,25	1,15-1,25
VISIBILIDAD:		
Polvo, lluvia, nieve, niebla, oscuridad	0,80	0,70

Fuente: Recuperado de "Manual de Rendimiento Caterpillar", 2000, p. 1-45

Se considera como supuesto que la actividad será realizada por un operador bueno. Se debe también tomar en cuenta que el material se encontrará en banco y será excavado por la topadora bulldozer.

De acuerdo a lo mencionado y a la tabla 4.26, se tienen los siguientes valores para el factor de corrección por operador F_{co} , el factor de corrección por material F_{cm} :

$$F_{co} = 0,75 \quad (4.23)$$

$$F_{cm} = 0,80 \quad (4.24)$$

Así, el factor de corrección F_c estará dado por:

$$F_c = F_{co} \cdot F_{cm} = 0,75 \cdot 0,80 = 0,60 \quad (4.25)$$

Factor de corrección por pendiente del terreno

Además de los factores mostrados en la tabla 4.26, existe un factor de corrección asociado a la pendiente del terreno. A continuación en la figura 4.10 se presenta el gráfico que detalla este factor de corrección para el rendimiento de la topadora bulldozer, según el % de pendiente del terreno.

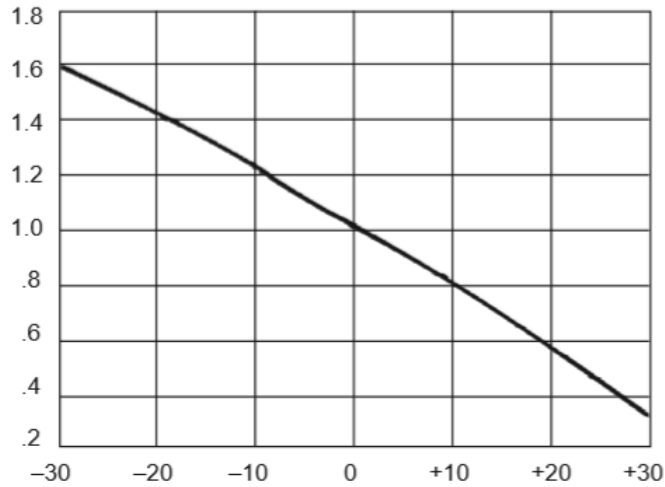


Figura 4.10: Factor de corrección por pendiente en bulldozer. *Fuente:* Catálogo Caterpillar, p. 1-45

En el gráfico de la figura 4.10, se considera pendiente negativa cuando la máquina va cuesta abajo y pendiente positiva cuando va cuesta arriba. Dado que no se tiene información de la pendiente del terreno a excavar, se supondrá una pendiente del 5%. Así, el factor de corrección por pendiente F_p será:

$$F_p = 0,90 \tag{4.26}$$

Factor de eficiencia

La eficiencia es el total de minutos que se trabaja en 1 hora. La eficiencia en el trabajo es uno de los elementos más complicados para estimar la producción, pues influyen factores tales como la pericia del operador, las reparaciones pequeñas y los ajustes, las demoras del personal y los retrasos a causa del plan de trabajo. [6].

El factor de eficiencia F_{ef} corresponde a la razón entre los minutos por hora que se trabajan y una hora. A continuación, se presentan en la tabla 4.11, cifras aproximadas sobre eficiencia.

Tabla 4.11

Factor de operación	Eficiencia [min/hora]	Factor eficiencia F_{ef}
Trabajo diurno	50	0,83
Trabajo nocturno	45	0,75

Fuente: Adaptado de "Manual de rendimiento Caterpillar", 2000, p. 24-8

Debido a que el proyecto se desarrollará tanto en turnos diurnos, como turnos nocturnos; se tomará como supuesto el factor de eficiencia promedio entre ambos, es decir:

$$F_{ef} = \frac{F_{ef-diurno} + F_{ef-nocturno}}{2} = \frac{0,83 + 0,75}{2} = 0,79 \tag{4.27}$$

Rendimiento equipo de excavación

El rendimiento del tractor con hoja topadora bulldozer para excavación estará dado por la siguiente ecuación:

$$R_{EX} = \frac{C_b}{T_{CEX}} \cdot F_c \cdot F_p \cdot F_{ef} \quad (4.28)$$

4.3.2. Selección de material

Es importante tener presente que, como se describió en la sección 4.1.1, luego de la excavación del material de relleno, este debe ser tamizado por una criba, con el objetivo de eliminar las partículas de sobretamaño que pueda contener. La actividad de excavación y la actividad de carguío y transporte deben realizarse de manera simultánea. Sin embargo, para comenzar con el proceso de carguío y transporte, ya se debe contar con algo de material procesado y listo para ser utilizado en los rellenos. Debido a esto, se usará como supuesto un periodo de 3 días de producción de material, antes de comenzar con la actividad de carguío y transporte.

4.3.3. Carguío y transporte

Maquinaria considerada y capacidad del equipo

- Excavaciones abiertas

Para el proceso constructivo de excavación y carguío de las excavaciones del terreno de fundación, se consideraron 6 alternativas de retroexcavadoras, con cucharas de distintas capacidades, las cuales se muestran a continuación en la tabla 4.12.

Tabla 4.12: Maquinaria de excavación y carguío: Retroexcavadoras

Retroexcavadoras		
Fabricante	Modelo	Capacidad C_c [m^3]
Caterpillar	432D-4x4	0,118
Caterpillar	416-F2	0,760
Caterpillar	430IT	1,000
Caterpillar	424B	1,100
Caterpillar	450F	1,340
Caterpillar	424D	2,262

Fuente: Elaborado a partir de <https://www.lectura-specs.es/es>

Ahora bien, para el proceso constructivo de transporte de las excavaciones del terreno de fundación, se consideraron 6 alternativas de camiones, con distintas capacidades de tolva, las cuales se muestran a continuación en la tabla 4.13.

Tabla 4.13: Maquinaria de transporte: Camiones de obra

Camiones			
Fabricante	Modelo	Capacidad C_v [m^3]	Carga Útil C_u ¹ . [t]
Caterpillar	75050	15,5	25,0
Caterpillar	CAT-770G	25,2	36,8
Komatsu	HD465-7EO	34,2	55,0
Komatsu	HD605-7EO	40,0	63,0
Komatsu	HD785-5	60,0	91,0
Caterpillar	CAT-785G	78,0	132,0

Fuente: Elaborado a partir de <https://www.lectura-specs.es/es>

- Escarpe y excavaciones de producción de materiales en yacimientos
En primer lugar, cabe destacar que los rendimientos requeridos para cumplir con los plazos fueron calculados en base a la optimización de la combinación de los procesos de carguío y transporte. Una vez escogidos estos equipos, se procedió a determinar el equipo de excavación que cumpliera con el rendimiento requerido para tener una cantidad mínima producida de material de relleno, necesaria para comenzar con las actividades de construcción de terraplenes.

En ambos casos (escarpe y excavación de yacimientos), la excavación será realizada con una topadora bulldozer, que deberá ajustarse al rendimiento de la máquina de carguío.

Luego, tanto para el carguío de las excavaciones de escarpe, como para el carguío de las excavaciones de yacimientos, se consideraron 6 alternativas de cargadores, los cuales se muestran a continuación en la tabla 4.14.

Tabla 4.14: Maquinaria de carguío: Cargadores

Cargadores		
Fabricante	Modelo	Capacidad C_c [m^3]
Komatsu	WA1200-6	1,00
Komatsu	WA600-6	6,40
Komatsu	WA800-3	11,50
Komatsu	WA900-8E0	13,00
Komatsu	WA1200-6	21,50
Komatsu	P&H L-2350	38,23

Fuente: Elaborado a partir de <https://www.lectura-specs.es/es>

Para el proceso constructivo de transporte de las excavaciones de escarpe y del material de yacimientos, se consideraron los mismos equipos que para las excavaciones del terreno de fundación, es decir, las mostradas en la tabla 4.15.

¹La carga útil es el peso máximo autorizado que puede transportar un vehículo, sin contar el peso en vacío de éste

Tabla 4.15: Maquinaria de transporte: Camiones de obra

Camiones			
Fabricante	Modelo	Capacidad C_v [m^3]	Carga útil C_u [t]
Caterpillar	75050	15,5	25,0
Caterpillar	CAT-770G	25,2	36,8
Komatsu	HD465-7EO	34,2	55,0
Komatsu	HD605-7EO	40,0	63,0
Komatsu	HD785-5	60,0	91,0
Caterpillar	CAT-785G	78,0	132,0

Fuente: Elaborado a partir de <https://www.lectura-specs.es/es>

Para el caso de los equipos de acarreo, se deben considerar dos tipos de capacidad:

- Capacidad volumétrica:
La carga transportada, expresada como una cantidad volumétrica. Puede ser asumiendo que la carga está al nivel del agua en la caja de descarga (al ras) o asumiendo que la carga se amontona en una pendiente de 2:1 por encima de la caja de descarga.
- Capacidad gravimétrica:
La carga transportada, expresada como peso. [32]

Durante el transporte de material en camiones, no debe sobrepasarse ninguna de las capacidades del camión, por lo que se utilizará como capacidad máxima, el valor menor entre la capacidad volumétrica y la gravimétrica. Con el fin de que no se sobrepase la capacidad gravimétrica del camión, debe tenerse en cuenta la densidad del material a trasladar.

La densidad de un material es el peso de éste por unidad de volumen. Conocer la densidad de los materiales es importante en la planificación de la construcción de la presa, debido a que los cálculos de la obra están realizados sólo en volumen, sin embargo, la capacidad máxima de algunas máquinas está en peso. Teniendo la densidad de estos materiales y el volumen que ocupa, será posible calcular su peso.

Para los cálculos del presente informe, se considerarán los valores referenciales de densidad expuestos en la tabla 3.6, para los distintos tipos de suelos. Así, se utilizarán los siguientes datos:

$$\gamma_{sf} = 2,0 \text{ t/m}^3 \quad (4.29)$$

$$\gamma_r = 2,6 \text{ t/m}^3 \quad (4.30)$$

$$\gamma_{mr} = 2,3 \text{ t/m}^3 \quad (4.31)$$

Donde:

γ_{sf} : Densidad natural del suelo de fundación.

γ_r : Densidad natural del basamento rocoso.

γ_{mr} : Densidad natural del material de los rellenos masivos 3B y 3C.

La densidad natural del suelo de fundación se utilizará para los cálculos de las excavaciones de esa zona, la del basamento rocoso se utilizará para todas las excavaciones en roca y la de los rellenos, para los movimientos de tierra del sector de yacimientos. De esta manera, la capacidad real de los camiones quedará dada por la siguiente fórmula:

$$C_{ct} = \min \left\{ C_v, \frac{C_u}{\gamma} \right\} \quad (4.32)$$

Donde:

C_{ct} : Capacidad del camión tolva (considerando capacidad volumétrica y gravimétrica).

C_v : Capacidad volumétrica del camión.

C_u : Carga útil del camión.

γ : Densidad natural del material.

Factor de llenado de los equipos de carguío

Según el Manual de Rendimiento Caterpillar [6], existen dos clasificaciones para la capacidad de un equipo de carguío, las cuales se describen a continuación:

- Capacidad a ras:
El volumen de material dentro del contorno de las planchas laterales, delantera y trasera sin contar material en la plancha de derrame ni en los dientes
- Capacidad colmada:
El volumen del cucharón cargado a ras más el volumen de material encima del nivel a ras, con un ángulo de reposo de 1:1 sin contar material en la plancha de derrame ni en los dientes.

A continuación, se muestra la figura 4.11 que ilustra las capacidades descritas.

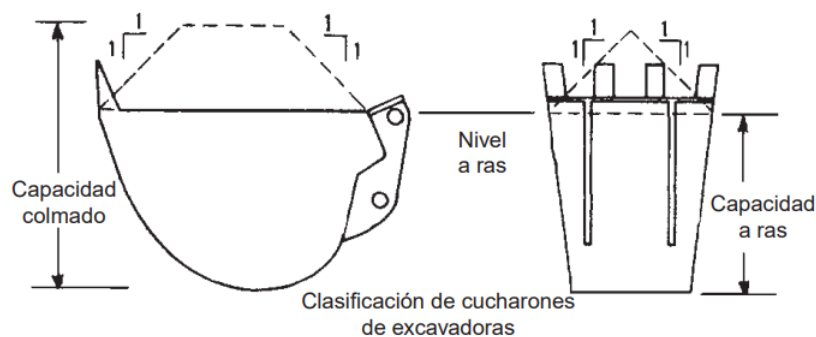


Figura 4.11: Capacidades del cucharón de un equipo de carguío. *Fuente:* Recuperado de "Manual de Rendimiento Caterpillar", 2000

Por otro lado, el porcentaje del volumen disponible en un cuerpo, cucharón o caja que realmente se usa se llama factor de llenado. Los cucharones tienen, a menudo, factores de llenado mayores del 100 % [6].

Enseguida, se muestran las tablas 4.17 y 4.16, con los factores de llenado según el tipo de material y según la maquinaria utilizada para la excavación y carguío.

Tabla 4.16: Factor de llenado según tipo de material en excavadoras y retroexcavadoras

Material	Factor de llenado F_u en EX [%]
Marga mojada o arcilla arenosa	A - 100-110
Árena y grava	B - 95-110
Arcilla dura y compacta	C - 80-90
Roca bien fragmentada	60-75
Roca mal fragmentada	40-50

Fuente: Recuperado de "Manual de Rendimiento Caterpillar", 2000, p. 5-126

Tabla 4.17: Factor de llenado según tipo de material en cargadores frontales

Material	Factor de llenado F_u en CF [%]	
	Ruedas	Orugas
Áridos agregados húmedos mezclados	95-100	95-110
Áridos agregados uniformes de hasta 3 mm (1/8")	95-100	95-110
De 3 a 9 mm (1/8 a 3/8")	90-95	90-110
De 12 a 20 mm (1/2 a 3/4")	85-90	90-110
De 24 mm (1") y más grandes	85-90	90-110
Roca bien fragmentada	80-95	80-95
Roca medianamente fragmentada	75-90	75-90
Roca mal fragmentada	60-75	60-75
Mezcla de tierra y roca	100-120	100-120
Limo húmedo	100-110	100-120
Suelo, piedras, raíces	80-100	80-100
Materiales cementados	85-95	85-100

Fuente: Adaptado de "Manual de Rendimiento Caterpillar", 2000, p. 13-46 y p. 14-17

Las referencias A, B y C de los factores de llenado contenidos en la tabla, se presentan en la figura 4.12. Cabe destacar que estos factores son aplicados sobre la capacidad colmada.

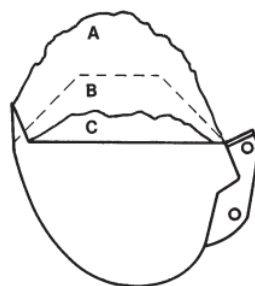


Figura 4.12: Factores de llenado del cucharón de un equipo de carguío. *Fuente:* Recuperado de "Manual de Rendimiento Caterpillar", 2000

En base a los datos de las tablas 4.16 y 4.17, se tomarán los siguientes valores para los factores de llenado:

- Factor de llenado de excavadoras y retroexcavadoras:

$$F_{ll-gravas} = 0,95 \quad (4.33)$$

$$F_{ll-roca} = 0,60 \quad (4.34)$$

- Factor de llenado de cargadores frontales:

$$F_{ll-gravas} = 0,90 \quad (4.35)$$

$$F_{ll-roca} = 0,80 \quad (4.36)$$

Tiempo de ciclo de acarreo o transporte

Para poder calcular el rendimiento de la combinación de equipos de excavación, carguío y acarreo; es necesario conocer el tiempo que demora un camión en trasladar material desde el lugar de excavación hasta su destino final. En el caso de las excavaciones del terreno de fundación, este destino es el botadero y; en el caso del material de empréstito, este destino es la presa misma en construcción.

El tiempo de un viaje completo de ida y vuelta de un camión se denomina usualmente “tiempo de ciclo de transporte” y considera el tiempo que el camión demora en ser cargado con el material por el equipo de carguío, el tiempo de acarreo (lleno) hasta su lugar de destino, el tiempo de descarga del camión, el tiempo de retorno (vacío) al lugar de excavación, el tiempo de las maniobras de posicionamiento del camión y el tiempo de espera por colas de camiones. Así, el tiempo de ciclo para los camiones T_{CT} , se calcula de la siguiente manera:

$$T_{CT} = t_{fC} + t_{cC} + t_{iC} + t_{dC} + t_{vC} \quad (4.37)$$

Donde:

T_{CT} : Tiempo de ciclo de transporte

t_{fC} : Tiempo fijo de espera zona de carguío y posicionamiento

t_{cC} : Tiempo de carga camión

t_{iC} : Tiempo de viaje cargado (ida)

t_{dC} : Tiempo de posicionamiento y descarga

t_{vC} : Tiempo de viaje descargado (vuelta)

Con respecto al tiempo de viaje cargado t_{iC} y al tiempo de viaje descargado t_{vC} , estos dependerán de la distancia a recorrer y de la velocidad de la máquina. La velocidad máxima que puede alcanzar un camión varía para cada modelo, sin embargo, se ve siempre limitada por temas de seguridad. En general, en obras de construcción, este límite es de 40 km/h; por lo que se considerará ésta como la velocidad promedio, quedando los tiempos de viaje, expresados como:

$$t_{iC} = t_{vC} = \frac{d}{v} = \frac{d}{40 \text{ km/h}} \quad (4.38)$$

Donde:

t_{iC} : Tiempo de viaje cargado (ida)

t_{vC} : Tiempo de viaje descargado (vuelta)

d: Distancia recorrida por el camión

v: Velocidad máxima permitida camión

Dada la información expuesta en el Capítulo 3 del presente informe, para el material excavado en las fundaciones de la presa, que será transportado al botadero, se tiene una distancia $d=0,5$ km, mientras que para el material producido proveniente de los yacimientos, que se transportará desde éstos hasta la presa, se tiene una distancia promedio $d=0,75$ km. Con esto, se tiene:

- Material excavado terreno fundación:

$$t_{iC} = t_{vC} = \frac{d}{v} = \frac{0,5 \text{ km}}{40 \text{ km/h}} = 0,0125 \text{ h} = 45 \text{ s} \quad (4.39)$$

- Materiales producidos en yacimientos:

$$t_{iC} = t_{vC} = \frac{d}{v} = \frac{0,75 \text{ km}}{40 \text{ km/h}} = 0,01875 \text{ h} = 67,5 \text{ s} \quad (4.40)$$

Por otro lado, según el Manual de rendimiento de Caterpillar [6]:

El tiempo fijo para unidades de acarreo comprende: tiempo de carga del camión (varía según la máquina que se utilice para cargar), maniobras del camión en la zona de carga (normalmente 0,6-0,8 minutos), maniobra y tiempo en la descarga (1,0-1,2 minutos). (p. 10-8). Con esto, se puede tomar como supuesto conservador, que:

$$t_{fC} = 0,8 \text{ min} + 1,2 \text{ min} = 2 \text{ min} \quad (4.41)$$

Ahora bien, para determinar el tiempo de carga del camión, es necesario conocer la cantidad de paladas del equipo de carguío que son necesarias para colmar la capacidad del camión, además de conocer el tiempo que demora cada palada del cargador en realizarse, es decir, el tiempo de ciclo del cargador ². Este último se calcula en función del tiempo que demora en completarse un ciclo hidráulico del cargador y del tiempo en algunos otros movimientos necesarios para cargar. Enseguida, se determinarán valores referenciales del tiempo de ciclo de carguío; primero para la retroexcavadora y luego para el cargador frontal.

En el caso de la excavadora (y retroexcavadora), el ciclo de excavación consta de cuatro partes:

- Carga del cucharón

²El tiempo de ciclo hidráulico considera el tiempo de ascenso del cucharón con material, el tiempo de descenso del cucharón vacío y el tiempo de descarga.

- Giro con carga
- Descarga del cucharón
- Giro sin carga

El tiempo total del ciclo de la excavadora depende del tamaño de la máquina y de las condiciones de la obra. Una mayor profundidad de excavación, una mayor dureza del terreno y/o una ubicación más lejana del camión y de la pila de material, pueden retrasar el ciclo de la excavadora y aumentar el tiempo que demora [6].

A continuación, se muestra la figura 4.13, que ilustra las distintas condiciones de la obra que afectan la duración del ciclo de la excavadora.

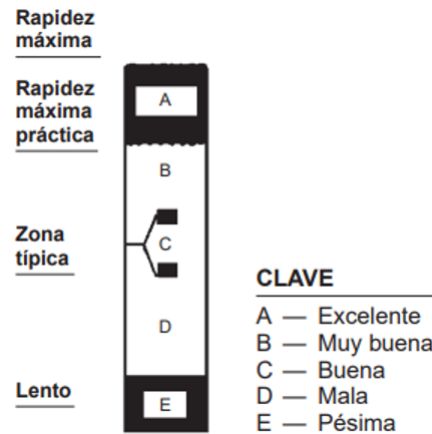


Figura 4.13: Tiempos de ciclo vs. condiciones de la obra . *Fuente:* Recuperado de “Manual de Rendimiento Caterpillar”, 2000, p. 5-154

Donde los puntos A, B, C, D y E se precisan a continuación.

- A: Fácil de excavar (tierra suelta, arena, limpieza de zanjas, etc.). Excava a una profundidad menor del 40 % de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es menor de 30°. Descarga en la pila o en camión en el área de excavación. No hay obstáculos. Operador con buena habilidad.
- B: No tan fácil de excavar (tierra compactada, arcilla seca y dura, tierra con menos de 25 % de roca). Excava a una profundidad de hasta el 50 % de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es de hasta 60°. Pila de descarga grande. Pocos obstáculos.
- C: Excavación entre mediana y difícil (suelo duro compactado hasta con 50 % de roca). Excava a una profundidad de hasta el 70 % de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es de hasta 90°. Los camiones de acarreo se cargan cerca de la excavadora.
- D: Difícil de excavar (roca de voladura o suelo duro con hasta 75 % de roca). Excava a una profundidad de hasta el 90 % de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es de hasta 120°. Zanjas reforzadas. Área de descarga pequeña. Hay que trabajar con cuidado por el personal en la zanja que tiende tubos.
- E: La excavación más difícil (arenisca, piedra caliza, caliche, pizarra bituminosa, suelo congelado). Excava a una profundidad de más del 90 % de la capacidad máxima de

la máquina. El ángulo de giro es mayor de 120°. Carga de cucharón en alcantarillas. Descarga en un área pequeña y alejada de la máquina lo que requiere el alcance máximo de ésta. Hay gente y obstáculos en el área de trabajo [6].

Los rangos de tiempos de ciclo para las condiciones de obra descritas, se encuentran en la figura 4.14, para máquinas de distinto tamaño.

TABLA PARA CALCULAR TIEMPOS DE CICLO													
Tiempo de ciclo	TAMAÑO DE MAQUINA											Tiempo de ciclo	
	307	311B	312B	315B L 317B L	318B L	320C	322B	325B	330B	345B Serie II	365B L		375
10 SEG.													0,17 min.
15													0,25 min.
20 SEG.													0,33 min.
25													0,42 min.
30 SEG.													0,50 min.
35													0,58 min.
40 SEG.													0,67 min.
45													0,75 min.
50 SEG.													0,83 min.
55													0,92 min.
60 SEG.													1,0 min.

Figura 4.14: Tabla de rangos de tiempo de ciclo de excavadoras según tamaño de la máquina.
Fuente: Recuperado de "Manual de Rendimiento Caterpillar", 2000, p. 5-155

Además, también se dispone de los tiempos de ciclo promedio, según el tamaño de máquina, los cuales se muestran a continuación en la tabla 4.18, adaptados a segundos.

Tabla 4.18: Promedios de tiempo de ciclo de excavadoras según tamaño de la máquina.

Modelo	307B	311B	312B	315B	317B	318B	320B	322B	325B	330B	365B	375
Tamaño cucharón [L]	280	450	520	520	520	800	800	1000	1100	1400	1900	2800
Tipo suelo		Tierra Compactada						Arcilla dura				
Carga [s]	4,8	4,2	4,2	6,0	6,0	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	6,0	6,6
Giro con carga [s]	3,0	3,6	3,6	2,4	2,4	3,6	3,6	3,6	3,6	4,2	5,4	6,0
Descarga [s]	1,8	1,8	1,8	1,2	1,2	2,4	1,8	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Giro sin carga [s]	3,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,6	3,0	3,6	3,6	4,2	4,2	5,4
Tiempo ciclo [s]	13,2	12,6	12,6	12,6	12,6	15,0	13,8	15,0	15,0	16,2	18,0	20,4

Fuente: Adaptado de "Manual de Rendimiento Caterpillar", 2000, p. 5-155.

Debido a que el suelo a excavar es mayoritariamente grava, se considerarán las condiciones de la obra como típicas y se utilizarán los promedios de tiempo de ciclo contenidos en la tabla 4.18 para suponer los tiempos de ciclo de las retroexcavadoras. De esta manera, los tiempos de ciclo para las retroexcavadoras consideradas se exponen a continuación en la tabla 4.19.

Tabla 4.19: Tiempos de ciclo de las alternativas de retroexcavadoras en excavación y carga de camiones

Retroexcavadora	Capacidad C_c [m^3]	Capacidad C_c [L]	Tiempo de ciclo T_{CC} [s]
432D-4x4	0,12	118	12,6
416-F2	0,76	760	13,8
430IT	1,00	1000	15,0
424B	1,10	1100	15,0
450F	1,34	1340	16,2
424D	2,26	2262	19,2

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los cargadores frontales, para el carguío de material granular suelto en un suelo duro y liso, se estima el tiempo de ciclo en 0,45-0,55 min (27 - 33 s) en los cargadores Cat con operador competente. Esto abarca la carga, descarga, cuatro cambios de sentido de marcha, un ciclo completo del sistema hidráulico y un recorrido mínimo [6]. Este tiempo de ciclo puede aumentar en el caso de cargadores más grandes, tal cual se ve ahora en la en la tabla 4.22, hecha a partir de información extraída del Manual de rendimiento Caterpillar.

Tabla 4.20: Promedio de ciclos de cargadores en carga de camiones

Cargador	Capacidad [m^3]	Tiempo de ciclo [s]
914G - 962G	1,3 - 3,3	27 - 30
966G - 980G	3,8 - 5,7	30 - 33
988F - 990	6,4 - 8,6	33 - 36
992G - 994D	11,5 - 18,0	36 - 42

Fuente: Adaptado de "Manual de rendimiento Caterpillar", 2000, p. 13-46

De esta manera, se usarán como supuestos los tiempos de ciclo expuestos en la tabla 4.22 en función de la capacidad del cargador.

Adicionalmente, se debe considerar factores que producen demora en el tiempo de ciclo del carguío. En la tabla 4.21, se detallan los distintos factores que influyen tanto positiva como negativamente en el tiempo de ciclo real.

Tabla 4.21: Correcciones a los ciclos de cargadores en carga de camiones

Factor	Segundos a sumar (+) o restar (-) del ciclo básico
Máquina	
- Manipulador de materiales	- 3,0
Materiales	
- Mezclados	+1,2
- Hasta 3 [mm]	+1,2
- De 3 [mm] a 20 [mm]	- 1,2
- De 20 [mm] a 150 [mm]	+0
- Más de 150 [mm]	+1,8 y más
- Banco o fracturado	+2,4 y más
Pila	
- Apilado por transportador o topadora a más de 3 [m]	+0
- Apilado por transportador o topadora a menos de 3 [m]	+0,6
- Descargado por camión	+1,2
Varios	
- Mismo propietario de camiones y cargadores	Hasta - 2,4
- Propietario independiente de camiones	Hasta +2,4
- Operación constante	Hasta - 2,4
- Operación intermitente	Hasta +2,4
- Punto de carga pequeño	Hasta +2,4
- Punto de carga frágil	Hasta +3,0

Fuente: Adaptado de "Manual de rendimiento Caterpillar", 2000, p. 13-46

De manera conservadora, se tomará como supuesto considerar todas las demoras simultáneas posibles, lo cual aumenta en 11,4 s los tiempos de ciclo antes vistos.

Así, tomando los valores referenciales (y sus correcciones) expuestos para el ciclo de los cargadores determinados e interpolando y extrapolando, se determinan los tiempos de ciclo sin corrección (s/c) y los tiempos de ciclo corregidos T_{CC} para la maquinaria considerada:

Tabla 4.22: Tiempos de ciclo de las alternativas de cargadores en carga de camiones (con correcciones)

Cargador	Capacidad C_c [m^3]	Tiempo de ciclo s/c [s]	Corrección [s]	Tiempo de ciclo T_{CC} [s]
WA1200-6	1,00	26,4	11,4	37,8
WA600-6	6,40	33,0	11,4	44,4
WA800-3	11,50	36,0	11,4	47,4
WA900-8E0	13,00	37,2	11,4	48,6
WA1200-6	21,50	45,0	11,4	56,4
P&H L-2350	38,23	60,0	11,4	71,4

Fuente: Adaptado de "Manual de rendimiento Caterpillar", 2000, p. 13-46

Con esto, se puede calcular el tiempo de carga de un camión t_c , calculando la cantidad de paladas n (con $n \in \mathbb{N}$) con las que el equipo de carguío puede llenar la capacidad del camión, y multiplicando esta cantidad por el tiempo que lleva realizar cada una de las paladas, es decir, el tiempo de ciclo del equipo de carguío. De esta manera, se puede expresar t_c como:

$$t_c = n \cdot T_{CC} = \left\lfloor \frac{C_{ct}}{C_c \cdot F_u} \right\rfloor \cdot T_{CC} \quad (4.42)$$

Donde:

t_c : Tiempo de carga de un camión

n : Número de paladas del equipo de carguío para copar el equipo de acarreo

T_{CC} : Tiempo de ciclo total de carguío

C_{ct} : Capacidad máxima (entre volumétrica y gravimétrica) del camión tolva

C_c : Capacidad volumétrica del equipo de carguío

Cabe destacar, que para el cálculo de la cantidad de paladas n , se aproxima la relación entre las capacidades de los equipos al número entero mayor. Esto se realiza utilizando la función suelo, representada por $\lfloor \cdot \rfloor$.

Por último, para el tiempo de espera del camión en el sitio de carga t_{ec} , se tiene que: "El tiempo de intercambio es el tiempo parcial desde que el camión de carga recibe su última carga hasta que el siguiente camión recibe su primera carga" [5]. Se exponen, a continuación, los datos de la tabla con valores referenciales del tiempo de intercambio.

Tabla 4.23: Valores referenciales para el tiempo de intercambio en camiones

Tiempo de intercambio [s]	
Bueno	42
Aceptable	54

Fuente: Adaptado de “Guía de referencia rápida para aplicaciones de máquinas de minería Caterpillar”, 2005, p. 9

A partir de la tabla 4.23 y de manera conservadora, se tomará como tiempo de espera del camión el supuesto:

$$t_{ec} = 54 \text{ s} \quad (4.43)$$

Factor de eficiencia

El factor de eficiencia F_{ef} se calcula como el promedio entre el factor para trabajo diurno y para trabajo nocturno:

$$F_{ef} = \frac{F_{ef\text{-diurno}} + F_{ef\text{-nocturno}}}{2} = \frac{0,83 + 0,75}{2} = 0,79 \quad (4.44)$$

Rendimiento equipos de carguío y transporte

El rendimiento del camión tolva en conjunto con el cargador frontal, estará dado por la siguiente ecuación:

$$R_{CT} = \frac{C_{ct}}{T_{CT}} \cdot F_{ef} \quad (4.45)$$

4.3.4. Construcción de rellenos: Esparcido

Para la construcción de rellenos, todas las máquinas operan de manera independiente. Debido a esto, la duración del ítem de construcción de rellenos estará dada por la suma de las duraciones de cada partida, las cuales dependerán del rendimiento de cada máquina.

A continuación, se detallará la metodología de cálculo para el rendimiento de la topadora bulldozer en el esparcido del material de relleno, una vez que este es descargado del camión tolva.

Maquinaria considerada y capacidad del equipo

Tabla 4.24: Maquinaria de esparcido o extendido

Topadora bulldozer			
Fabricante	Modelo	Tipo de hoja	Capacidad C_b [m^3]
Caterpillar	D9R	Universal	16,4
Caterpillar	D10R	Universal	22,0
Caterpillar	D11R	Universal	34,4
Caterpillar	D11R CD	Universal	43,6

Fuente: Elaborado a partir de Catálogo Caterpillar

Tiempo de ciclo esparcido

El tiempo de ciclo de la topadora bulldozer estará dado por:

$$T_{CES} = t_{fe} + t_{ae} + t_{re} \quad (4.46)$$

Donde:

T_{CES} : Tiempo de ciclo esparcido con bulldozer.

t_{fB} : Tiempo fijo de maniobras para volver a iniciar.

t_{aB} : Tiempo variable de avance o esparcido.

t_{rB} : Tiempo variable de retorno al lugar de inicio.

El tiempo fijo t_{fB} y los tiempos variables de esparcido t_{aB} y de retorno t_{rB} se calcularán de la misma manera que en la sección 4.3.1, por lo que se tiene:

$$t_{fB} = 0,25 \text{ min} = 15 \text{ s} \quad (4.47)$$

$$t_{rB} = \frac{d_{es}}{v_r} \quad (4.48)$$

$$t_{aB} = \frac{d_{es}}{v_a} \quad (4.49)$$

Donde:

v_{rB} : Velocidad de retorno del tractor.

d_{es} : Distancia de esparcido.

v_{aB} : Velocidad de avance del tractor (empuje).

Se considerará la velocidad de acarreo del tractor v_{aB} en 2^{da} de avance y la velocidad de retorno del tractor v_{rB} en 2^{da} de retroceso [6]. Estas velocidades dependerán del modelo del tractor y se presentan a continuación en la tabla 4.25 para los modelos de máquinas consideradas.

Tabla 4.25: Velocidades de máquinas topadoras bulldozer

		Bulldozer	
Fabricante	Modelo	Velocidad avance v_{aB} en 2 ^{da} [km/h]	Velocidad retroceso v_{rB} en 2 ^{da} [km/h]
Caterpillar	D9R U	6,8	8,4
Caterpillar	D10R U	7,1	8,9
Caterpillar	D11R U	6,8	8,2
Caterpillar	D11R CD	6,8	8,2

Fuente: Elaborado a partir de Catálogo Caterpillar

Con respecto a la distancia de acarreo d_{es} , cabe destacar que en este caso no se tomará un supuesto como en el caso de la excavación, sino que se determinará en base a la capacidad de la hoja topadora. A continuación se muestra la figura explicativa 4.15, donde se ven dos dimensiones de la capa de material a extender o esparcir.

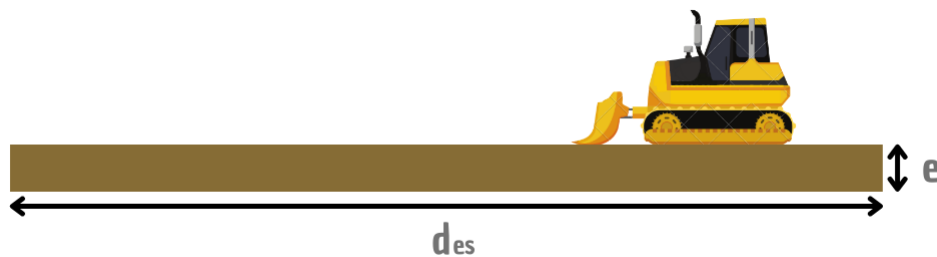


Figura 4.15: Distancia recorrida por la topadora bulldozer. *Fuente:* Elaboración propia.

De la figura 4.15, se puede extraer que el volumen que la máquina sea capaz de mover (su capacidad C_b), se esparcirá para determinado espesor e y en una área dada por el ancho de la máquina (no visible en la figura) y la distancia recorrida d_{es} en un ciclo. No obstante, se debe tomar en cuenta que la capacidad de la máquina está dada para un volumen suelto de material, mientras que en la figura 4.15, se toma el espesor de la capa compactada. De esta manera, se aplica el factor de compactación del material a la capacidad de la bulldozer y se tiene que:

$$V_C = A \cdot e \cdot d_{es} = C_b \cdot F_C \quad (4.50)$$

$$d_{es} = \frac{C_b \cdot F_C}{A \cdot e} \quad (4.51)$$

Factores de corrección por condiciones de trabajo

Según el manual de rendimiento Caterpillar [6], los factores de corrección son los que se presentan a continuación en la tabla 4.26.

Tabla 4.26: Factores de corrección según condiciones de trabajo

Factor	Tractor de cadenas	Tractor de ruedas
OPERADOR:		
Excelente	1,00	1,00
Bueno	0,75	0,60
Deficiente	0,60	0,50
MATERIAL:		
Suelto y amontonado	1,20	1,20
Difícil de cortar; congelado		
con cilindro de inclin. lateral	0,80	0,75
sin cilindro de inclin. lateral	0,70	-
hoja con control de cable	0,60	-
Difícil de empujar; se apelmaza (seco, no cohesivo) o material muy pegajoso.	0,80	0,80
Rocas desgarradas o de voladura	0,60-0,80	-
EMPUJE POR METODO DE ZANJA	1,20	1,20
CON DOS TRACTORES JUNTOS	1,15-1,25	1,15-1,25
VISIBILIDAD:		
Polvo, lluvia, nieve, niebla, oscuridad	0,80	0,70

Fuente: Recuperado de "Manual de Rendimiento Caterpillar", 2000, p. 1-45

Se considera como supuesto que la actividad será realizada por un operador bueno. Como los rellenos han sido descargados en el sector de la presa, se tiene un material suelto y amontonado.

De acuerdo a lo mencionado y a la tabla 4.26, se tienen los siguientes valores para el factor de corrección por operador F_{co} , el factor de corrección por material F_{cm} :

$$F_{co} = 0,75 \quad (4.52)$$

$$F_{cm} = 1,20 \quad (4.53)$$

Así, el factor de corrección F_c estará dado por:

$$F_c = F_{co} \cdot F_{cm} = 0,75 \cdot 1,20 = 0,90 \quad (4.54)$$

Además de los factores mostrados en la tabla 4.26, existe un factor de corrección asociado a la pendiente del terreno. Sin embargo, para este caso, por tratarse del empuje de material de relleno, se considerará pendiente nula; por lo que este factor de corrección será igual a 1 y no será necesario incluirlo en la ecuación.

Factor de eficiencia

El factor de eficiencia F_{ef} se calcula como el promedio entre el factor para trabajo diurno y para trabajo nocturno:

$$F_{ef} = \frac{F_{ef-diurno} + F_{ef-nocturno}}{2} = \frac{0,83 + 0,75}{2} = 0,79 \quad (4.55)$$

Rendimiento equipo de esparcido

El rendimiento del tractor con hoja topadora bulldozer estará dado por la siguiente ecuación:

$$R_{ES} = \frac{C_b \cdot F_C}{T_{CES}} \cdot F_{ef} \cdot F_c \quad (4.56)$$

4.3.5. Construcción de rellenos: Nivelación

Maquinaria considerada

Tabla 4.27: Maquinaria de nivelación

Motoniveladora		
Fabricante	Modelo	Longitud hoja L [m]
Caterpillar	140H	3,66
Caterpillar	14H	4,27
Caterpillar	18H	5,5
Caterpillar	24H	7,32

Fuente: Elaborado a partir de <https://www.lectura-specs.es/es> y Catálogo Caterpillar

Ancho efectivo de nivelación

El ancho A_n que nivelará la máquina en cada pasada estará dado por: la longitud efectiva L_e de la hoja de la motoniveladora y el ancho de traslape L_t entre una pasada y otra.

La longitud de la hoja no corresponde al ancho que la máquina realmente arrastra durante una pasada, debido a que la hoja está normalmente formando un ángulo mientras mueve material. Así, para el cálculo de la longitud efectiva de la hoja L_e , se debe considerar este ángulo. Según la Capacitación de operación de motoniveladoras Caterpillar [22], este ángulo es usualmente de 35° para trabajos de nivelación.

El ancho de traslape L_0 corresponde al ancho que se repasa entre una franja y otra y es usualmente de unos 20 cm [19].

Finalmente, el ancho efectivo de nivelación queda dado por:

$$A_n = L_e - L_0 = L \cdot \sin(35^\circ) - 0,2 \text{ m} \quad (4.57)$$

Donde:

L : Longitud de hoja de la motoniveladora.

Velocidad equipo de nivelación

“La nivelación de acabado es la aplicación de motoniveladora que requiere el mayor grado de precisión. Por lo tanto, se realiza a bajas velocidades; normalmente a menos de 5 km/h en primera o en segunda. Para asegurar que se obtiene una superficie lisa y con acabado uniforme, se mantiene generalmente la misma velocidad en una pasada” [6]. Así, se tomará el siguiente supuesto:

$$v_n = 4 \text{ km/h.} \quad (4.58)$$

Número de pasadas

El número de pasadas N_n de la máquina para una adecuada nivelación es generalmente entre 5 a 7 [19]. Se utilizará como supuesto:

$$N_n = 6 \quad (4.59)$$

Factor de eficiencia

El factor de eficiencia F_{ef} será el mismo que para las actividades anteriores:

$$F_{ef} = 0,79 \quad (4.60)$$

Rendimiento equipo de nivelación

El rendimiento de la motoniveladora con cuchilla u hoja estará dado por la siguiente ecuación:

$$R_N = \frac{A_n \cdot v_n \cdot e}{N_n} \cdot F_{ef} \quad (4.61)$$

4.3.6. Construcción de rellenos: Humectación o riego

Maquinaria considerada y su capacidad

Tabla 4.28: Maquinaria de riego

Camión cisterna			
Proveedor	Marca	Modelo	Capacidad C_{cc} [m^3]
Komatsu	Mercedes Benz	1726/48	10
Komatsu	Mercedes Benz	3336K	20
Komatsu	Mercedes Benz	4144K	30

Fuente: Elaborado a partir de <https://www.kaufmann.cl/>

Cantidad de agua por unidad de volumen a regar

Para conocer el contenido de humedad óptima que debe tener el suelo para alcanzar su densidad máxima al ser compactado, es necesario realizar ensayos de laboratorio. Los ensayos de laboratorio típicamente utilizados para determinar esto, son el ensayo de Proctor estándar y el ensayo de Proctor modificado.

“Para suelos granulares con menos de 12 % de finos (es decir, más fino que el tamiz N°200), la densidad relativa puede ser un mejor indicador de la especificación para la compactación final de producto en el campo” [10].

Sin embargo, no se cuenta con informes de estos ensayos realizados para el material de relleno de la presa Chironta, por lo que se deberá utilizar un supuesto.

Del Catálogo Caterpillar[6] se tienen los valores de referencia mostrados a continuación en la tabla 4.29.

Tabla 4.29: Valores referenciales de humedad óptima para algunos tipos de suelo

Tipo de suelo	Humedad óptima [%]
Arcilla pesada	17,5
Arcilla limosa	15,0
Arcilla arenosa	13,0
Arena	10,0
Mezcla de grava, arena y arcilla	7,0

Fuente: Adaptado de Catálogo Caterpillar, 2000, p. 12-13

Así, se considerará como humedad óptima un 7 % para las zonas compuestas de grava y para la zona compuesta de arena y grava.

Según Das [10], el contenido de humedad o contenido de agua w se define como la razón entre el peso de agua W_w y el peso de los sólidos W_s en un volumen dado de suelo:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \quad (4.62)$$

Además, se tiene para los materiales de relleno, que el peso unitario γ_{mr} es el peso del suelo W_{mr} por unidad de volumen V_{mr} y se puede expresar como:

$$\gamma_{mr} = \frac{W_{mr}}{V_{mr}} = \frac{W_s + W_w}{V_{mr}} = \frac{W_w \left[\frac{W_s}{W_w} + 1 \right]}{V_{mr}} = \frac{W_w \left[\frac{1}{w} + 1 \right]}{V_{mr}} \quad (4.63)$$

Así, a partir del peso unitario de los rellenos, del volumen de material a humectar y de la humedad que se desea alcanzar, es posible calcular el peso de agua W_w que debe tener el suelo para compactar, mediante la ecuación:

$$W_w = \frac{\gamma_{mr} \cdot V_{mr}}{\left[\frac{1}{w} + 1\right]} \quad (4.64)$$

A continuación se presenta la tabla 4.30 con los datos de los rellenos de cada zona de la presa Chironta.

Tabla 4.30: Datos de las zonas de la presa Chironta para cálculo de agua a añadir

Parámetro	Rellenos muro			
	2B	3B	3C	3D
Tipo de suelo	Arena y grava	Grava	Grava	-
Densidad natural γ_{mr} [t/m ³]	-	2,3	2,3	-
Volumen rellenos V_{mr} [m ³]	55 975	1 209 055	940 376	22 390
Humedad w [%]	7,0	7,0	7,0	-

Fuente: Elaboración propia.

Como no se cuenta con información sobre la densidad natural γ de los materiales 2B y 3D, se supondrá el mismo valor que para los otros rellenos.

Con los datos expuestos en la tabla 4.30 y considerando la densidad del agua igual a 1 t/m³, se obtienen a continuación en la tabla 4.31 los resultados para la cantidad de agua óptima:

Tabla 4.31: Cálculo de cantidad de agua para la humedad óptima

Parámetro	Rellenos muro			
	2B	3B	3C	3D
Volumen de agua V_{w1} [m ³]	8422	181 923	141 496	3369

Fuente: Elaboración propia.

Además, como no se conoce el contenido de agua con el que se encontraban los materiales de relleno en su estado natural y dado que la obra está ubicada en un sector de clima árido, se supondrá que los materiales se encuentran con una humedad natural del 3% en volumen.

Siguiendo la misma metodología anterior, se obtienen en la tabla 4.32 los resultados para la cantidad de agua que tienen los materiales en su estado natural:

Tabla 4.32: Cálculo de cantidad de agua para la humedad natural

Parámetro	Rellenos muro			
	2B	3B	3C	3D
Volumen de agua V_{w2} [m ³]	3750	80 995	62 996	1500

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, se calcula el volumen de agua a regar en el material como se indica a continuación en la tabla 4.33:

Tabla 4.33: Cálculo de cantidad de agua para la humedad natural

Parámetro	Rellenos muro			
	2B	3B	3C	3D
Vol. agua humedad óptima V_{w1} [m^3]	8422	181 923	141 496	3369
Vol. agua humedad natural V_{w2} [m^3]	3750	80 995	62 996	1500
Vol. agua riego V_w [m^3]	4673	100 928	78 500	1869
Relación $i = V_w/V_{mr}$	0,083	0,083	0,083	0,083

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo de riego de un camión cisterna T_{CR} estará dado por la siguiente ecuación:

$$T_{CR} = t_{cR} + t_{fR} + t_{dR} + t_{iR} + t_{vR} \quad (4.65)$$

Donde:

t_{cR} : Tiempo de carga o llenado del tanque del camión.

t_{fR} : Tiempo fijo de maniobras para volver a iniciar.

t_{dR} : Tiempo de riego o descarga del camión.

t_{iR} : Tiempo variable de ida a la fuente de agua.

t_{vR} : Tiempo variable de vuelta al lugar de trabajo.

A pesar de que el tiempo de ciclo del camión cisterna T_{CR} es el descrito en la ecuación 4.65, la mayor parte de este ciclo es llevada a cabo de manera simultánea con otras actividades del proceso constructivo de rellenos. Únicamente la descarga del camión durante el riego de rellenos no se realiza simultáneamente con las otras actividades. Por tanto, se separará el tiempo de ciclo T_{CR} en dos partes: el tiempo de ciclo de riego T_{CR1} y el tiempo de ciclo paralelo a otras actividades T_{CR2} . En consecuencia, los tiempos de ciclo T_{CR1} y T_{CR2} quedan dados por la ecuación:

$$T_{CR1} = t_{dR} \quad (4.66)$$

$$T_{CR2} = t_{cR} + t_{fR} + t_{iR} + t_{vR} \quad (4.67)$$

El tiempo fijo t_{fR} suele variar entre 1 y 1,5 min. Los tiempos de carga t_{cR} y de riego t_{dR} de agua dependen tanto de la capacidad del camión, como de la velocidad con que es cargado o descargado (caudal), respectivamente. El caudal de carga Q_c con una bomba de 4" para cargar un camión cisterna es de 850 lts/min. El caudal de vaciado Q_d puede estimarse en 500 lts/min. De esta manera, los tiempos mencionados quedan como se indica en las siguientes expresiones:

$$t_{fR} = 1,5 \text{ min} \quad (4.68)$$

$$t_{cR} = \frac{C_{cc}}{Q_c} = \frac{C_{cc}}{850 \text{ lts/min}} = \frac{C_{cc}}{51 \text{ m}^3/\text{h}} \quad (4.69)$$

$$t_{dR} = \frac{C_{cc}}{Q_d} = \frac{C_{cc}}{500 \text{ lts/min}} = \frac{C_{cc}}{30 \text{ m}^3/\text{h}} \quad (4.70)$$

Donde:

C_{cc} : Capacidad del camión cisterna.

Q_c : Caudal de carga por gravedad o por bomba.

Q_d : Caudal de descarga o vaciado a través del regador.

Por otro lado, los tiempos variables de ida y vuelta desde la fuente de agua hasta el lugar de trabajo t_{iR} y t_{vR} , se calcularán dada la distancia a recorrer y las velocidades de ida y vuelta.

Debido a que Chironta es una zona apartada de la ciudad, se supondrá que el agua será obtenida en la localidad cercana Poconchile, la cual se encuentra aproximadamente a una distancia D de 39 kilómetros de distancia. Además, se supondrá una velocidad del camión cargado v_{iR} de 20 km/h y una velocidad descargado v_{vR} de 25 km/h. Así, los tiempos se calcularán mediante las siguientes ecuaciones:

$$t_{iR} = \frac{D}{v_{iR}} = \frac{39 \text{ km}}{20 \text{ km/h}} = 1,95 \text{ h} \quad (4.71)$$

$$t_{vR} = \frac{D}{v_{vR}} = \frac{39 \text{ km}}{25 \text{ km/h}} = 1,56 \text{ h} \quad (4.72)$$

Factor de eficiencia

El factor de eficiencia F_{ef} será el mismo que para las actividades anteriores:

$$F_{ef} = 0,79 \quad (4.73)$$

Rendimiento equipo de humectación

Dado que se considerará el tiempo de ciclo del camión cisterna separado en dos partes, también se tendrán dos rendimientos. El rendimiento del camión cisterna para riego R_{r1} y el rendimiento del camión cisterna para su ciclo de ida y vuelta, estarán dados por las siguientes ecuaciones:

$$R_{R1} = \frac{C_{cc}}{T_{CR1} \cdot i} \cdot F_{ef} \quad (4.74)$$

$$R_{R2} = \frac{C_{cc}}{T_{CR2} \cdot i} \cdot F_{ef} \quad (4.75)$$

4.3.7. Construcción de rellenos: Compactación

Maquinaria considerada

Tabla 4.34: Maquinaria de compactación

Rodillo compactador		
Fabricante	Modelo	Ancho compactación A_{pC} [m]
Caterpillar	CB34B	1,30
Caterpillar	CB8	1,70
Caterpillar	CB13	2,00
Caterpillar	CB16	2,13

Fuente: Elaborado a partir de <https://www.lectura-specs.es/es> y Catálogo Caterpillar.

Ancho de compactación efectivo

Con los compactadores Caterpillar, se recomienda que el ancho de compactación por pasada de la máquina A_{pC} sea el doble de la anchura de un tambor del rodillo compactador [6]. Ahora, para la compactación de un área determinada, debe además considerarse el ancho de traslape L_0 entre una franja y otra, que suele ser de aproximadamente 20 cm.

Así, el ancho de compactación efectivo A_c queda dado por:

$$A_c = A_{pC} - L_0 = A_{pC} - 0,2 \text{ m} \quad (4.76)$$

Velocidad equipo de compactación

Para los compactadores vibratorios una velocidad de 1-2,5 km/h para roca y arcilla, y 2-5 km/h para grava y arena proporcionarán los mejores resultados [4]. “La velocidad de traslación del rodillo debe ser igual o inferior a 3 km/h” [21]. Así, se tiene lo siguiente:

$$v_c = 3 \text{ km/h}. \quad (4.77)$$

Número de pasadas

El número de pasadas N_c depende principalmente del material a compactar. Para este caso, se tienen mayormente partículas de gran tamaño, como gravas naturales, bolones y rocas, que deben acomodarse de manera que queden la menor cantidad de huecos posible. Basado en la construcción de la presa de escollera Pichi Picún Leufú en la provincia de Córdoba (características de la presa Pichi Picún Leufú en Anexo B), de tipo CFRD y de capas de espesor similares a las de la presa Chironta [15], se utilizará como supuesto:

$$N_c = 6 \quad (4.78)$$

Factor de eficiencia

El factor de eficiencia F_{ef} será el mismo que para las actividades anteriores:

$$F_{ef} = 0,79 \quad (4.79)$$

Rendimiento equipo de compactación

El rendimiento del rodillo compactador liso vibratorio estará dado por la siguiente ecuación:

$$R_C = \frac{A_c \cdot v_c \cdot e}{N_c} \cdot F_{ef} \quad (4.80)$$

Donde:

e: Espesor de la capa a compactar.

4.3.8. Construcción del plinto y pantalla de H.A.

Primero, de manera de asegurar una buena calidad de los áridos en la fabricación del hormigón y de evitar la construcción de una planta de hormigón, se optará en esta planificación por comprar hormigón premezclado, en lugar de fabricar hormigón in situ. Se tomará como supuesto que el material será trasladado desde una planta ubicada en la ciudad de Arica, ubicada aproximadamente 76 km de Chironta.

Además, con el propósito de garantizar la calidad requerida por una faena como esta, el trabajo de construcción de la pantalla será sólo en turno diurno.

Por otro lado, se establece la premisa de construir esta pantalla al término de la construcción de todos los rellenos de la presa, considerando lo siguiente:

1. Se debe evitar interferencias entre actividades muy distintas, como aquellas relacionadas con los hormigones: moldaje, enfierradura, vaciado del hormigón; y las relacionadas con la construcción de rellenos. Esto debido a que las interferencias generan retrasos y contaminación de actividades delicadas como las de hormigones por actividades normalmente más contaminantes como lo es la construcción de rellenos de tierra.
2. El prolongado tiempo que requiere la construcción de rellenos permite que éstos vayan asentándose, de tal forma que a su término, el asentamiento que ocurre durante la construcción de la presa, ya haya ocurrido en su totalidad, evitando así daños en los hormigones a construir.

Como secuencia constructiva, se tiene que en primer lugar se deben encontrar los sellos de fundación del plinto y sobre el plinto construido apoyar las losas de hormigón. Estas serán de las dimensiones señaladas en las especificaciones técnicas.

A continuación se detallará el cálculo del rendimiento de distintos camiones mixer con hormigón premezclado.

Maquinaria considerada y su capacidad

Tabla 4.35: Maquinaria de transporte de hormigón

Camión mixer		
Fabricante	Modelo	Capacidad C_{cm} [m^3]
Hyundai	HD 270 Mixer	6
Mack	M190GR Mixer London	8
Dongfeng	DF-340 Mixer	12

Fuente:

Tiempo de ciclo

El ciclo del camión mixer comienza cuando este es cargado con el hormigón en la planta. Ya cargado el camión y antes de partir, el hormigón debe ser regado con agua con el objetivo de facilitar su maniobrabilidad, una vez que llegue a destino. Luego, el camión mixer se traslada a obra y debe esperar hasta ser recibido y posteriormente descargar el material en obra. Después de vaciado, el camión debe ser lavado, eliminando así cualquier residuo de material. Por último, el camión debe viajar de vuelta a la planta de hormigón a iniciar un nuevo ciclo.

En razón de lo antes expuesto, el tiempo de ciclo del hormigonado del plinto y la pantalla de hormigón T_{CH} estará dado por la siguiente ecuación:

$$T_{CH} = t_{cH} + t_{fH} + t_{dH} + t_{iH} + t_{vH} \quad (4.81)$$

Donde:

t_{cH} : Tiempo de carga del camión mixer.

t_{hH} : Tiempo fijo de humectación del hormigón en planta.

t_{iH} : Tiempo variable de ida a la obra.

t_{eH} : Tiempo fijo de espera en obra.

t_{dH} : Tiempo de descarga del hormigón en la obra.

t_{lH} : Tiempo fijo para volver (lavado).

t_{vH} : Tiempo variable de vuelta a la planta de hormigón.

Desde que se inicia el ciclo de producción hasta que el camión está cargado pasan aproximadamente 8 minutos. Se considerará este lapso de 8 min como el tiempo de carga t_{cH} .

Por otro lado, la etapa de pilón o humectación t_{hH} dura aproximadamente 15 min, mientras que el tiempo de lavado t_{lH} del camión mixer en planta ronda los 10 min de duración [25].

El tiempo de espera t_{eH} de un camión en obra (antes de empezar la descarga) será de 10 min como máximo y el tiempo máximo de descarga del hormigón es de 6 min por metro cúbico en el camión mixer tradicional [16]. Sin embargo, usualmente la descarga oscila entre 1,3 y 3,3 min por m^3 . Para el presente trabajo se considerarán 3,3 min por m^3 para el cálculo del tiempo de descarga t_{dH} , tal como se expresa en la siguiente ecuación:

$$t_{dH} = 3,3 \frac{\text{min}}{\text{m}^3} \cdot C_{cm} = 0,055 \frac{\text{h}}{\text{m}^3} \cdot C_{cm} \quad (4.82)$$

Donde:

t_{dH} : Tiempo de descarga del hormigón en la obra.

C_{cm} : Capacidad del camión mixer.

Por otro lado, los tiempos variables de ida y vuelta (t_{iH} y t_{vH} respectivamente) desde la planta de hormigón hasta el lugar de trabajo en la obra respectivamente, se calcularán dada la distancia D entre estos sitios y las velocidades de ida v_{iH} (cargado) y de vuelta v_{vH} (descargado).

Dado a que Chironta es una zona retirada de la ciudad, se supondrá que la planta de hormigón prefabricado más cercana se encuentra en la ciudad de Arica, con lo cual se supondrá D como 77 kilómetros de distancia. Ahora bien, "la velocidad de transporte debe ser razonablemente baja, del orden de 20 km/h, y debe evitarse los arranques y frenadas bruscas" [29]. Así, de manera conservadora, se supondrá la velocidad del camión cargado v_{vH} en 15 km/h.

Por otro lado, la velocidad del camión mixer descargado v_{iH} , cuando vaya camino a la planta de hormigón, se supondrá igual a la del camión cisterna, es decir, igual a 25 km/h.

Considerando todo lo anterior, los tiempos descritos se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$t_{iH} = \frac{D}{v_{iH}} = \frac{77 \text{ km}}{25 \text{ km/h}} = 3,08 \text{ h} \quad (4.83)$$

$$t_{vH} = \frac{D}{v_{vH}} = \frac{77 \text{ km}}{15 \text{ km/h}} = 5,1\bar{3} \text{ h} \quad (4.84)$$

Factor de eficiencia

El factor de eficiencia para el hormigonado, a diferencia de los casos anteriores, considera sólo la eficiencia durante turno diurno $F_{ef-diurno}$, que tiene el siguiente valor:

$$F_{ef-diurno} = 0,83 \quad (4.85)$$

Rendimiento camión mixer

El rendimiento del camión mixer para el hormigonado del plinto y la pantalla de hormigón R_h estará dado por la siguiente ecuación:

$$R_H = \frac{C_{cm}}{T_{CH}} \cdot F_{ef-diurno} \quad (4.86)$$

4.4. Resultados de rendimientos de maquinaria

En la presente sección, se detallarán los rendimientos obtenidos para las distintas maquinarias, calculados a partir de la metodología descrita anteriormente en el ítem 4.3.

4.4.1. Excavaciones

Excavaciones de material del terreno de fundación

A continuación, en la tabla 4.36, se exponen los resultados del rendimiento obtenido para las actividades de excavación, carguío y acarreo del material de terreno de fundación, utilizando retroexcavadora y camión tolva, respectivamente.

Tabla 4.36: Rendimiento retroexcavadora en conjunto con camión tolva [m^3/h]

Modelo retroexc.	Modelo camión tolva					
	75050	CAT-770G	HD465-7EO	HD605-7EO	HD785-5	CAT-785G
432D-4x4	14,49	15,19	15,78	15,88	16,21	16,43
416-F2	49,76	59,82	68,50	71,75	78,89	84,25
430IT	54,67	66,60	78,32	81,79	90,85	98,37
424B	58,13	70,05	83,16	88,01	97,47	105,89
450F	60,11	75,20	88,47	94,63	106,21	116,19
424D	69,16	88,95	109,82	117,61	134,81	152,31

Fuente: Elaboración propia.

Excavaciones producción de materiales en yacimientos

A continuación, en la tabla 4.37, se exponen los resultados obtenidos del rendimiento de las bulldozer para la actividad de excavación del material explotado para relleno. Esto, considerando el plazo determinado para la actividad.

Tabla 4.37: Rendimiento de maquinaria de bulldozer para excavación

Topadora bulldozer	
Modelo bulldozer	Rendimiento [m^3/h]
D8R SU	360,11
D9R SU	588,99
D10R SU	823,65
D11R SU	1181,46

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, en la tabla 4.38, se exponen los resultados del rendimiento obtenido para las actividades de carguío y acarreo del material de producción de yacimientos, utilizando cargador y camión tolva, respectivamente.

Tabla 4.38: Rendimiento cargador en conjunto con camión tolva [m^3/h]

Modelo cargador	Modelo camión tolva					
	75050	CAT-770G	HD465-7EO	HD605-7EO	HD785-5	CAT-785G
WA80M-7	36,77	43,78	48,69	50,08	54,32	56,96
WA600-6	73,98	97,96	121,93	139,66	172,83	206,36
WA800-3	72,88	107,28	143,49	164,37	214,85	261,86
WA900-8EO	82,30	106,65	142,36	163,06	212,80	281,50
WA1200-6	80,54	118,56	153,50	175,82	224,01	324,94
WA1200-6	77,36	113,88	170,20	194,96	237,10	343,93

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Construcción de rellenos

Esparcido

En el caso del esparcido de material, para capas de mayor espesor, será necesario una mayor cantidad de ciclos de la máquina. En consecuencia, el rendimiento de ésta dependerá también del espesor de la capa esparcida.

A continuación, en la tabla 4.39, se exponen los resultados del rendimiento obtenido para la actividad de esparcido del material de relleno, utilizando topadora bulldozer.

Tabla 4.39: Rendimiento de bulldozer para esparcido [m^3/h]

Modelo bulldozer	Espesor capa [m]		
	0,3	0,6	0,9
D9R SU	315,93	547,46	724,43
D10R SU	382,29	671,24	897,32
D11R SU	451,56	817,26	1119,48
D11R CD	485,64	891,79	1236,49

Fuente: Elaboración propia.

Nivelación

En el caso de la nivelación de las capas de relleno, se consideró una misma cantidad de pasadas de la maquinaria para capas de distintos espesores. En consecuencia, el rendimiento de ésta dependerá también del espesor de la capa nivelada.

A continuación, en la tabla 4.40, se exponen los resultados del rendimiento obtenido para la actividad de nivelación del material de relleno, utilizando motoniveladora.

Tabla 4.40: Rendimiento de motoniveladora [m^3/h]

Modelo motoniveladora	Espesor capa [m]		
	0,3	0,6	0,9
140H	300,72	601,44	902,16
14H	356,12	712,24	1068,36
18H	467,82	935,65	1403,47
24H	633,11	1266,22	1899,33

Fuente: Elaboración propia.

Humectación o riego

En el caso del riego de las capas de relleno, dado que se desglosó la actividad en dos partes, se determinaron dos rendimientos para la maquinaria. Una de las partes de la actividad es la del transporte del agua de ida y vuelta desde la fuente donde se obtiene hasta a la obra. Este ciclo se lleva a cabo de manera simultánea con las otras actividades de la construcción de rellenos. La otra parte de la actividad consiste en el riego de las capas de material. Esta actividad se lleva a cabo después de la nivelación.

A continuación, en la tabla 4.41, se exponen los resultados del rendimiento obtenido para el transporte de agua, mediante el uso de camiones cisterna, desde la ciudad donde se obtiene, hasta la obra donde se utilizará para riego de rellenos.

Tabla 4.41: Rendimiento camión cisterna ida y vuelta

Camión cisterna	
Modelo camión	Rendimiento [m^3/h]
1726/48	25,42
3336K	48,30
4144K	69,00

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la tabla 4.42, se exponen los resultados del rendimiento obtenido para la humectación del material de relleno, utilizando camión cisterna con sistema de riego.

Tabla 4.42: Rendimiento camión cisterna riego

Camión cisterna	
Modelo camión	Rendimiento [m^3/h]
1726/48	284,51
3336K	284,51
4144K	284,51

Fuente: Elaboración propia.

Compactación

En el caso de la compactación de las capas de relleno, se consideró una misma cantidad de pasadas de la maquinaria para capas de distintos espesores. En consecuencia, el rendimiento de esta dependerá también del espesor de la capa compactada.

A continuación, en la tabla 4.40, se exponen los resultados del rendimiento obtenido para la actividad de compactación del material de relleno, utilizando rodillo compactador.

Tabla 4.43: Rendimiento de compactador [m^3/h]

Modelo compactador	Espesor capa [m]		
	0,3	0,6	0,9
CB34B	130,63	261,25	391,88
CB8	178,13	356,25	534,38
CB13	213,75	427,50	641,25
CB16	229,19	458,38	687,56

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Construcción del plinto y pantalla de H.A.

A continuación, en la tabla 4.44, se exponen los resultados del rendimiento obtenido utilizando camión mixer para la actividad de transporte de hormigón para la construcción de la pantalla de hormigón armado y del plinto.

Tabla 4.44: Rendimiento camión mixer

Camión mixer	
Modelo camión	Rendimiento [m^3/h]
HD 270 Mixer	0,62
M190GR Mixer London	0,82
DF-340 Mixer	1,20

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Selección de maquinaria y duraciones de actividades

En este ítem se tomarán en cuenta los rendimientos requeridos de cada actividad de la obra y se determinará la cantidad de maquinaria necesaria para cumplir estos rendimientos, en el caso de cada uno de los tamaños propuestos. Luego, se seleccionarán aquellas máquinas que cumplan estos rendimientos, necesitando una menor cantidad de ellas.

Cabe señalar que la cantidad de máquinas a utilizar debe siempre aproximarse al mayor entero, ya que no es posible disponer de un número decimal de máquinas. Considerando esto, la duración real de una actividad realizada con determinada maquinaria, no será exactamente la duración requerida que se utilizó como máximo, sino que será menor. En consecuencia, la duración de las actividades debe ser corregida una vez seleccionada la maquinaria.

4.5.1. Excavaciones

Excavaciones de material del terreno de fundación

Considerando los rendimientos de la tabla 4.36 para estas excavaciones, se obtiene la cantidad de retroexcavadoras y camiones tolva necesarios para cumplir con el plazo determinado, lo cual se expone a continuación en la tabla 4.45.

Tabla 4.45: Cantidad de maquinaria de retroexcavadora en conjunto con camión tolva

Modelo retroexc.	Modelo camiones tolva					
	75050	CAT-770G	HD465-7EO	HD605-7EO	HD785-5	CAT-785G
432D-4x4	25	24	23	23	22	22
416-F2	8	6	6	5	5	5
430IT	7	6	5	5	4	4
424B	7	6	5	4	4	4
450F	6	5	4	4	4	4
424D	6	4	4	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 4.45 se busca la combinación de maquinaria que se requiera en menor cantidad para cumplir con los rendimientos.

Además, considerando que el costo por hora de los camiones tolva es significativamente mayor que el costo de las retroexcavadoras, se privilegia la combinación de maquinaria con camiones más pequeños y económicos. En seguida, en la tabla 4.46, se presentan las mejores opciones de maquinaria a escoger, siendo la Opción 1 la mejor.

Tabla 4.46: Selección de maquinaria para excavación, carguío y transporte de material de terreno de fundación

Opción	Tipo maquinaria	Modelo	Capacidad [m^3]	Nºequipos	Duración [días]
1	Retroexcavadora	424D	2,26	3	244
	Camión tolva	HD605-7EO	40,00	3	244
2	Retroexcavadora	424D	2,26	4	242
	Camión tolva	CAT-770G	25,20	4	242
3	Retroexcavadora	430IT	1,00	5	220
	Camión tolva	HD465-7EO	34,20	5	220

Fuente: Elaboración propia.

Excavaciones de producción de materiales en yacimientos

A continuación, en la tabla 4.47, se exponen los resultados obtenidos de la cantidad de máquinas bulldozer para la actividad de excavaciones de producción de materiales en yacimientos, considerando el rendimiento determinado en 4.37.

Tabla 4.47: Cantidad de maquinaria de bulldozer para excavación

Topadora bulldozer	
Modelo bulldozer	Cantidad de maquinaria
D8R SU	2
D9R SU	2
D10R SU	1
D11R SU	1

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 4.47 se busca la maquinaria, que a menor cantidad, cumpla con los rendimientos. Con esto, en la tabla 4.48, se presentan las mejores opciones de maquinaria a escoger, siendo la Opción 1 la mejor.

Tabla 4.48: Selección de maquinaria para excavación de producción de materiales en yacimientos

Opción	Tipo maquinaria	Modelo	Capacidad [m^3]	Nºequipos	Duración [días]
1	Bulldozer	D10R SU	18,50	1	311
2	Bulldozer	D8R SU	8,70	2	356

Fuente: Elaboración propia.

Luego, considerando los rendimientos de la tabla 4.38 para estas excavaciones, se obtiene la cantidad de cargadores y camiones tolva necesarios para cumplir con el plazo determinado, lo cual se expone a continuación en la tabla 4.49.

Tabla 4.49: Cantidad de maquinaria de cargador en conjunto con camión tolva

Modelo cargador	Modelo camión tolva					
	75050	CAT-770G	HD465-7EO	HD605-7EO	HD785-5	CAT-785G
WA80M-7	18	16	14	14	13	12
WA600-6	9	7	6	5	4	4
WA800-3	10	7	5	4	4	3
WA900-8E0	8	7	5	5	4	3
WA1200-6	9	6	5	4	3	3
WA1200-6	9	6	4	4	3	2

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 4.49 se busca la combinación de maquinaria que se requiera en menor cantidad para cumplir con los rendimientos.

Además, considerando que el costo por hora de los camiones tolva es mayor que el costo de los cargadores, se privilegia la combinación de maquinaria con camiones más pequeños y

económicos. En seguida, en la tabla 4.50, se presentan las mejores opciones de maquinaria a escoger, siendo la Opción 1 la mejor.

Tabla 4.50: Selección de maquinaria para carguío y transporte de material de producción en yacimientos

Opción	Tipo maquinaria	Modelo	Capacidad [m^3]	N°equipos	Duración [días]
1	Cargador	WA1200-6	35,00	2	372
	Camión tolva	CAT-785G	78,00	2	372
2	Cargador	WA1200-6	21,50	3	381
	Camión tolva	HD785-5	60,0	3	381
3	Cargador	WA1200-6	35,00	4	376
	Camión tolva	HD465-7EO	34,20	4	376

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Construcción de rellenos

Humectación

Para el caso de la humectación, el tiempo de ciclo del camión cisterna se separó en dos etapas. Dado que el tiempo de ciclo de la etapa de riego es constante e independiente del tamaño del camión escogido, se consideran los rendimientos obtenidos en la tabla 4.41 para escoger la maquinaria. Con esto, en la tabla 4.51, se expone la cantidad de camiones cisterna necesarios para el transporte de agua, de manera de cumplir con el plazo determinado.

Tabla 4.51: Cantidad de maquinaria camión cisterna ida y vuelta

Camión cisterna	
Modelo camión	Cantidad maquinaria
1726/48	11
3336K	6
4144K	4

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 4.51 se busca la maquinaria, que a menor cantidad, cumpla con los rendimientos. Con esto, en la tabla 4.52, se presentan las mejores opciones de maquinaria a escoger, siendo la Opción 1 la mejor.

Tabla 4.52: Selección de maquinaria para excavación de material relleno

Opción	Tipo maquinaria	Modelo	Capacidad [m^3]	N°equipos
1	Camión cisterna	4144K	30,00	4
2	Camión cisterna	3336K	20,00	5

Fuente: Elaboración propia.

Esparcido, nivelación y compactación

Dado que estas actividades, en conjunto con la actividad de riego, se realizan una tras otra, se calcula la duración total de la combinación de máquinas consideradas.

Al considerar una cantidad desde 1 hasta 4 equipos por actividad y 4 tamaños distintos de topadoras bulldozer para el esparcido del material, 4 tamaños de motoniveladoras para la nivelación de las capas, 4 tamaños de compactadores para la compactación y una única opción para la humectación que fue seleccionado en la sección anterior (camión cisterna 4144K de 30 m³), se obtuvieron:

$$N^{\circ} \text{ combinaciones} = 4 \cdot 4 \text{ bulldozer} \cdot 4 \cdot 4 \text{ motoniveladora} \cdot 4 \cdot 4 \text{ compactador} = 4096 \quad (4.87)$$

De las 4096 combinaciones y a partir de los rendimientos calculados en las tablas 4.39, 4.40 y 4.43, se seleccionaron aquellas que cumplen con el plazo requerido con menor cantidad de maquinaria necesaria, particularmente de las máquinas más costosas: Bulldozer y motoniveladoras. Con esto, en la tabla 4.53, se presentan las mejores opciones de maquinaria a escoger, siendo la Opción 1 la mejor.

Tabla 4.53: Selección de maquinaria para construcción de rellenos

Opción	Tipo maquinaria	Modelo	Capacidad [m ³]	N°equipos	Duración [días]
1	Bulldozer	D9R	16,40	1	380
	Motoniveladora	24H	7,32	1	380
	Camión cisterna	4144K	30,00	4	380
	Compactador	CB13	2,00	4	380
2	Bulldozer	D10R U	22,00	1	386
	Motoniveladora	18H	5,50	1	386
	Camión cisterna	4144K	30,00	4	386
	Compactador	CB16	2,13	3	386
3	Bulldozer	D11R U	34,40	1	389
	Motoniveladora	14H	4,27	1	389
	Camión cisterna	4144K	30,00	4	389
	Compactador	CB8	1,70	4	389

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3. Construcción del plinto y pantalla de H.A.

Considerando el rendimiento de la maquinaria determinado en 4.44, se expone en la tabla 4.54 los resultados obtenidos de la cantidad de camiones mixer para el transporte de hormigón del plinto.

Tabla 4.54: Cantidad de maquinaria camión mixer para transporte de hormigón del plinto

Camión mixer	
Modelo camión	Cantidad de maquinaria
HD 270 Mixer	3
M190GR Mixer London	2
DF 340 Mixer	2

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 4.54 se el camión, que a menor cantidad, cumpla con los rendimientos. Con esto, en la tabla 4.55, se presentan las mejores opciones de maquinaria a escoger, siendo la Opción 1 la mejor.

Tabla 4.55: Selección de maquinaria para plinto

Opción	Tipo maquinaria	Modelo	Capacidad [m^3]	Nºequipos	Duración [días]
1	Camión mixer	M190GR	8,00	2	111
2	Camión mixer	HD 270	6,00	3	98

Fuente: Elaboración propia.

Considerando el rendimiento de la maquinaria determinado en 4.44, se expone en la tabla 4.56 los resultados obtenidos de la cantidad de camiones mixer para el transporte de hormigón de la pantalla impermeable.

Tabla 4.56: Cantidad de maquinaria camión mixer para transporte de hormigón de la pantalla

Camión mixer	
Modelo camión	Cantidad de maquinaria
HD 270 Mixer	9
M190GR Mixer London	7
DF 340 Mixer	5

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 4.56 se el camión, que a menor cantidad, cumpla con los rendimientos. Con esto, en la tabla 4.57, se presentan las mejores opciones de maquinaria a escoger, siendo la Opción 1 la mejor.

Tabla 4.57: Selección de maquinaria para plinto

Opción	Tipo maquinaria	Modelo	Capacidad [m^3]	Nºequipos	Duración [días]
1	Camión mixer	DF 340	12,00	5	158
2	Camión mixer	M190GR	8,00	7	164

Fuente: Elaboración propia.

4.5.4. Resumen maquinaria escogida

Tabla 4.58: Resumen selección de maquinaria

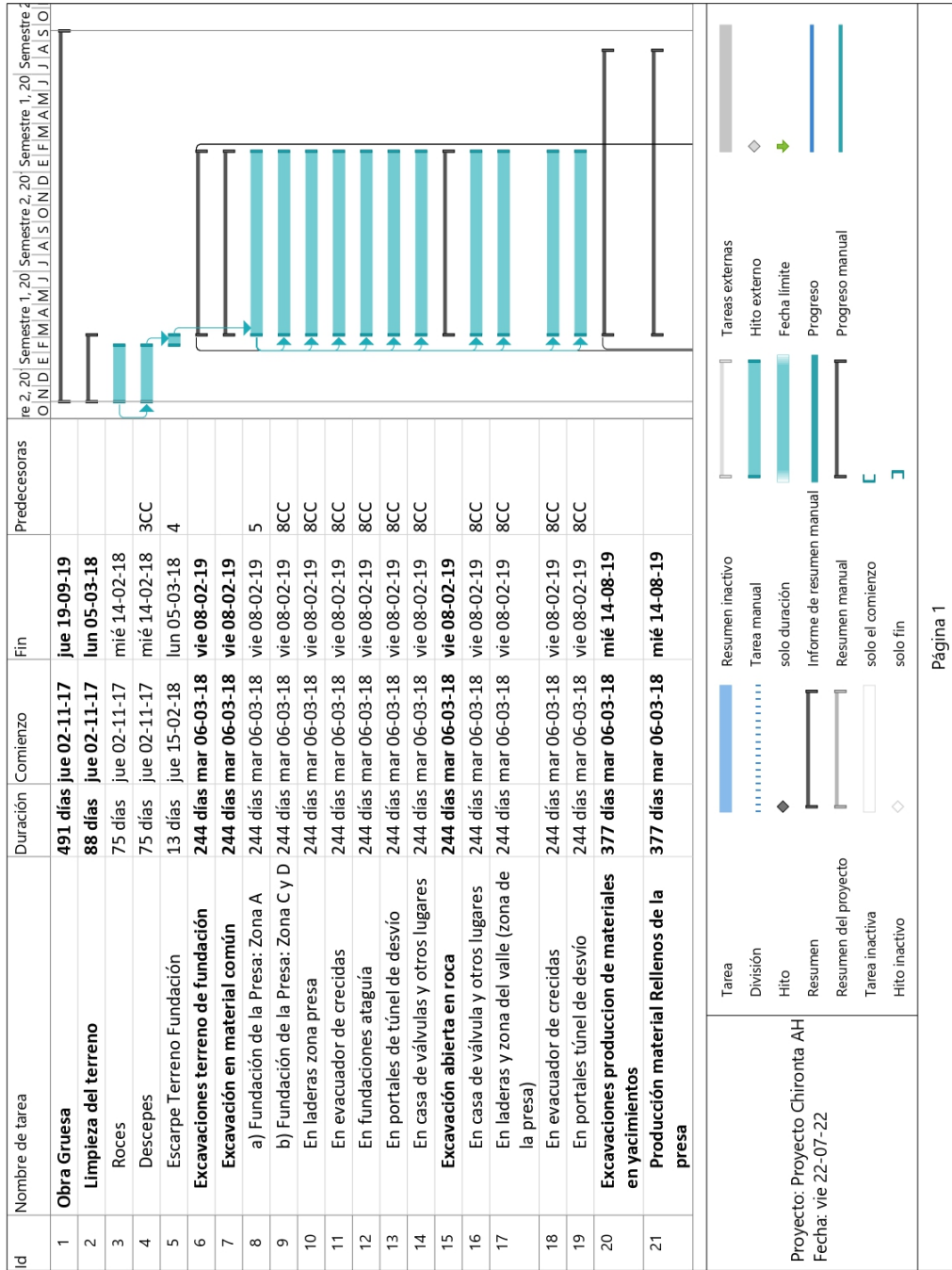
Actividad	Tipo maquinaria	Modelo	Cap. [m^3]	Nºequipos	Duración [d]
Excavaciones material de fundación	Retroexcavadora	424D	2,26	3	244
	Camión tolva	HD605-7EO	40,00	3	244
Excavaciones de producción de materiales en yac.	Bulldozer	D10R SU	18,50	1	311
	Cargador	WA1200-6	35,00	2	372
	Camión tolva	CAT-785G	78,00	2	372
Construcción de rellenos	Bulldozer	D9R	16,40	1	380
	Motoniveladora	24H	7,32	1	380
	Camión cisterna	4144K	30,00	4	380
Construcción plinto	Compactador	CB13	2,00	4	380
	Camión mixer	M190GR	8,00	2	111
Construcción pantalla	Camión mixer	DF 340	12,00	5	158

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Programa de construcción de la presa

Finalmente, considerando las maquinarias seleccionadas y sus duraciones, expuestas en la tabla 4.58, y considerando además el programa original del proyecto de embalse Chironta, se elaboró un nuevo programa de las actividades principales de la presa.

Cabe destacar que algunas actividades, como la instalación de faenas, terminaciones, entre otras, fueron obviadas en este programa, para centrarse únicamente en la obra gruesa de la obra principal del proyecto: la presa. A continuación se presenta el programa de construcción obtenido, en el cual se obtuvo un plazo de construcción total de 491 días.



Proyecto: Proyecto Chironta AH
 Fecha: vie 22-07-22

Figura 4.16: Carta Gantt, Parte 1

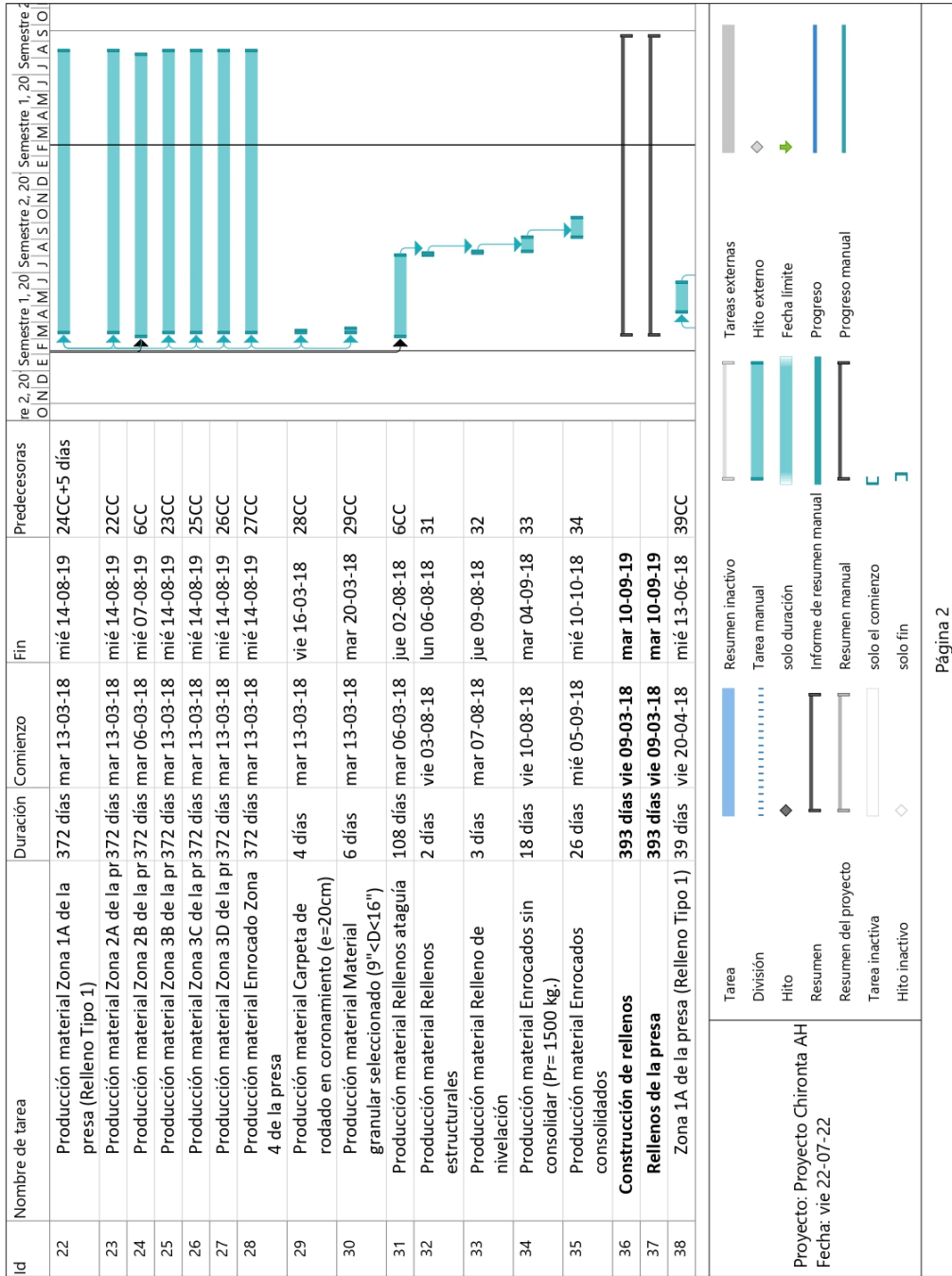


Figura 4.17: Carta Gantt, Parte 2

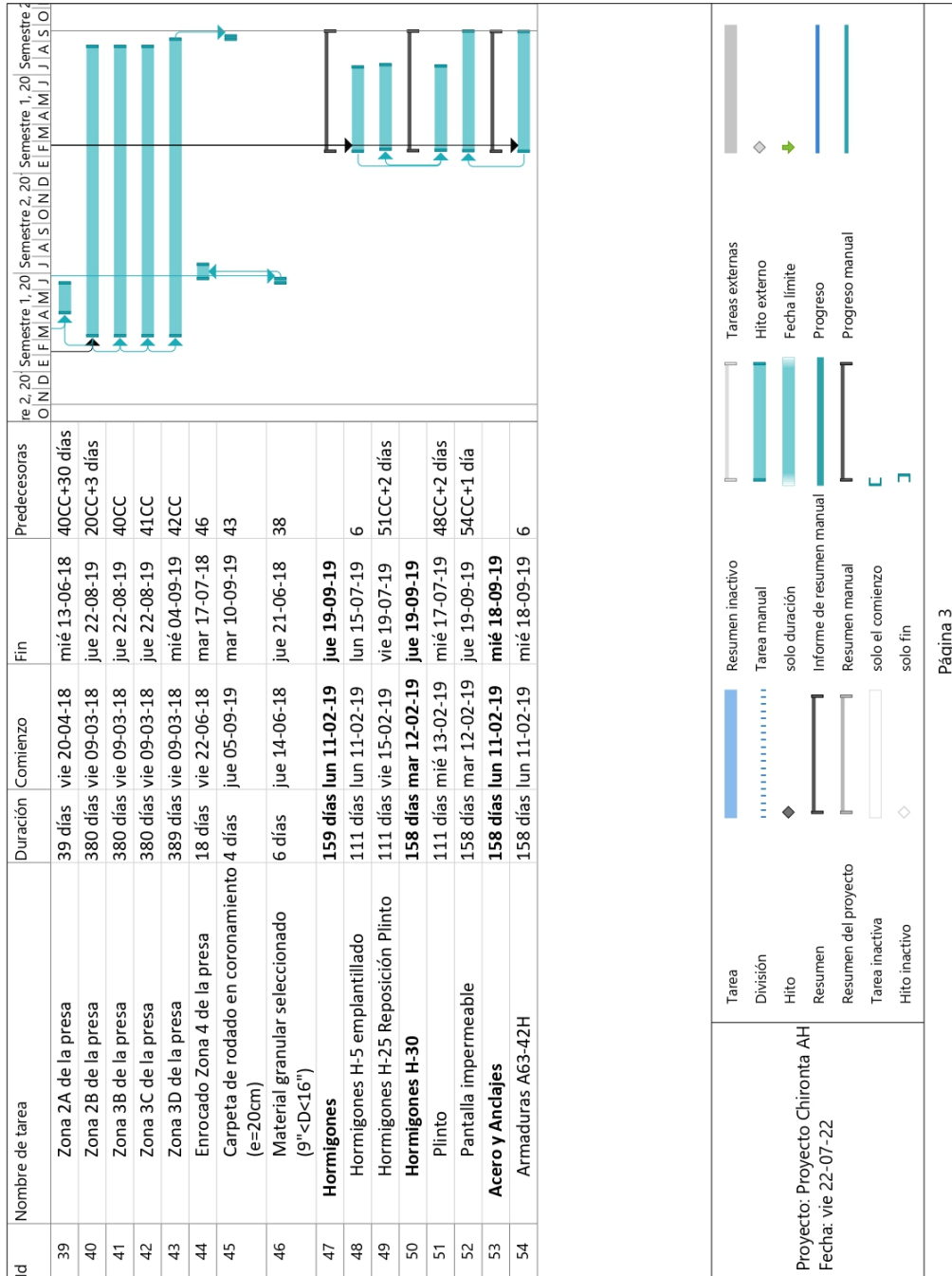


Figura 4.18: Carta Gantt, Parte 3

4.7. Comentarios

Dados los resultados obtenidos en la tabla 4.58 para la cantidad de maquinaria requerida, se muestra a continuación la tabla comparativa 4.59, que contrasta los resultados de maquinaria estimativa del Estudio de Impacto Ambiental con los del Diseño de Ingeniería y con

los resultados obtenidos del presente trabajo.

Tabla 4.59: Comparación de maquinaria estimativa según: Estudio de Impacto Ambiental, Presupuesto del Diseño SMI Ingenieros, Propuesto

Actividad	EIA		Diseño		Propuesto	
	Tipo maquinaria	N°	Tipo maquinaria	N°	Tipo maquinaria	N°
Excavaciones	Cargador frontal	4	Excavadora	3	Retroexcavadora	3
mat. fundación	Camión tolva	4	Camión tolva 15 m ³	9	Camión tolva 40 m ³	3
Excavaciones	Excavadora	2	Excavadora	2	Bulldozer	1
producción de	-	-	Cargador frontal	1	Cargador frontal	2
mat. en yac.	Camión tolva	15	Camión tolva 15 m ³	20	Camión tolva 78 m ³	2
	Bulldozer	1	Bulldozer 16,4 m ³	2	Bulldozer 16,4 m ³	1
Construcción	Motoniveladora	-	Motoniveladora	1	Motoniveladora	1
de rellenos	Camión cisterna	1	Camión cisterna	1	Camión cisterna	4
	Compactador	2	Compactador 10 ton	2	Compactador 13 ton	4
Hormigonado	Camión mixer	3	-	-	Camión mixer	5

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de maquinaria del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) corresponden a los expuestos anteriormente en la tabla 3.11 y los del Diseño de Ingeniería corresponden a información recopilada del anexo de precios unitarios correspondiente al documento: Capítulo 1 Diseño Muro de Embalse Chironta [20].

Respecto de la información recopilada del EIA, cabe señalar que sólo precisa una estimación de la cantidad de maquinaria, mas no especifica su capacidad ni modelo. Algo similar sucede en el caso de la maquinaria estimativa del Presupuesto realizado en el Diseño de SMI Ingenieros, sólo que en esta última, se dan detalles de algunas de las máquinas a utilizar, en específico las capacidades del camión tolva, de la bulldozer y del compactador. En relación a la maquinaria propuesta, se expusieron anteriormente todos los detalles de capacidad y modelo en la tabla 4.58. Sin embargo, en la tabla comparativa solo se indica la capacidad de las máquinas que se pueden comparar con la maquinaria de diseño.

Ahora, del contraste realizado en la tabla 4.59 es posible observar unas cuantas diferencias en el listado de maquinaria de los tres documentos. La primera de ellas es que en el EIA no se considera maquinaria para la excavación del material de fundación. Por otro lado, en la maquinaria de diseño se consideraron excavadoras para la excavación de material de fundación, y en la maquinaria propuesta de este trabajo, retroexcavadoras.

Otra diferencia corresponde al uso de motoniveladoras. En el caso del EIA, no se proyectó el uso de estas para la construcción de rellenos en ninguna de las zonas de la presa. En el caso del diseño, se tuvo en cuenta el uso de motoniveladoras sólo para la zona 2B (además de otras zonas menos masiva que no fueron consideradas en este trabajo). Por último, para la maquinaria propuesta aquí, se supuso el uso de motoniveladora en todas las zonas de la presa.

Sobre el riego de los rellenos, se observa que en los tres casos esta actividad es abordada. Sin embargo, en el caso de la maquinaria propuesta, se estimó una cantidad de 4 camiones cisterna, mientras que en EIA y el diseño de la presa, sólo consideraron 1. Esto puede deberse a que en la planificación propuesta se calculó la cantidad de camiones cisternas con el objetivo de disminuir al máximo el tiempo de esta actividad, que aumentaba sobremanera con los largos tiempos de viaje de estos camiones al lugar de fuente de agua.

También se advierte una gran diferencia en la cantidad de camiones tolva estimados en el EIA y en el diseño, respecto de la cantidad estimada en la maquinaria propuesta. Esto posiblemente se deba a la gran diferencia de capacidad de los camiones.

Finalmente, una última apreciación es que en el caso de la maquinaria de diseño, no se proyectó el uso de camiones mixer, dado que se consideró la fabricación in situ del hormigón, mientras que en las otras alternativas se supuso la compra y transporte de este.

Por otro lado, se vuelve complejo realizar una comparación entre el programa de trabajo de Chironta desarrollado por el Consorcio Besalco Dragados [12], con el programa de trabajo propuesto en el presente informe; debido a que este último considera únicamente la construcción de la obra principal: la presa. Además, el programa propuesto aquí no considera tampoco excavaciones subterráneas ni determina los plazos de actividades más específicas, como la tronadura de rocas para excavación o la enfierradura de la pantalla de hormigón.

Los plazos considerados para cada actividad son esencialmente los mismos en ambos programas. Sin embargo, algunos de los plazos del programa oficial hecho por el Consorcio Besalco Dragados, fueron modificados para el programa propuesto aquí y la secuencia de algunas actividades tampoco fue la misma. Un ejemplo de esto es la construcción del plinto, que en el programa oficial se muestra con una duración excesiva para una actividad de volúmenes pequeños, y que además aparece de manera simultánea con actividades de construcción de rellenos. Otro caso es el de las excavaciones del terreno de fundación, que también aparece con una duración desmesurada.

Otra diferencia entre ambos programas es que el oficial no desglosa la parte de rellenos entre las dos actividades que comprende: la excavación de materiales de yacimiento y la construcción de terraplenes; mientras que el programa propuesto sí los desglosa, considerando tres días de diferencia entre el inicio de estas dos actividades.

Capítulo 5

Análisis de la modalidad de contratación del proyecto de embalse Chironta

En el presente capítulo se describirán y analizarán los detalles del contrato que detalla la adjudicación del proyecto de embalse Chironta y sus posteriores modificaciones.

5.1. Adjudicación de la construcción del embalse Chironta

De acuerdo con el contrato que detalla la adjudicación de la construcción del proyecto “Construcción Embalse Chironta, Valle de Lluta, XV Región de Arica y Parinacota” [8], según resolución DGOP (Dirección General de Obras Públicas), esta ocurrió el día 18 de octubre de 2016 y la toma de razón por parte de la Contraloría General de la República ocurrió el día 3 de mayo de 2017.

Durante el proceso de licitación, se consideraron 6 ofertas económicas de diferentes empresas constructoras, cuyas ofertas variaron entre \$ 80 432 651 265 y \$ 119 803 616 372. De estas ofertas, se dejó fuera de base a la más baja, por no incluir en su propuesta el análisis de los precios unitarios de 42 partidas de obra del presupuesto oficial. Por consiguiente, el proyecto se adjudicó a la empresa que presentó la segunda oferta económica más baja: el Consorcio Besalco - Dragados, conformado por Besalco S.A. y Dragados S.A. Agencia en Chile.

De esta manera, en septiembre del 2016, el Consorcio Besalco - Dragados se adjudica el proyecto por un monto de \$ 83 237 064 597, mediante una modalidad de contratación de precios unitarios, con reajuste según variación del IPC, con un plazo de 1290 días para la ejecución del contrato, como índice base el mes de agosto de 2016.

Considerando como comienzo del plazo de construcción al día siguiente de la fecha de toma de razón, el proyecto debiese tener como fecha de término establecida el día 14 de noviembre de 2020.

Respecto a la modalidad de contratación del proyecto, que en este caso corresponde a

precios unitarios; esta se caracteriza porque las cantidades de obra o cubicaciones de las partidas pueden variar, y con ello, también el valor final del contrato.

Cabe mencionar que en la construcción de obras civiles mayores, como es el caso, y también en hidroeléctricas, se emplea la modalidad de contratación de precios unitarios. En tanto, en otro tipo de obras, como por ejemplo centrales térmicas, se ha empleado la modalidad de contratación de suma alzada o EPC (Engineering, Procurement and Construction).

Como se vio en el Capítulo 2, la modalidad de precios unitarios requiere de una organización fuerte por parte del propietario del proyecto, dado que es este quien asume los riesgos. Por otro lado, en la modalidad a suma alzada o EPC, la ingeniería de diseño suele quedar en manos del contratista.

Es preciso señalar que la promesa de costos invariables en la modalidad de suma alzada usualmente no se cumple, dado que de todas maneras surgen reclamaciones o instancias judiciales que concluyen en acuerdos entre las partes, aumentando los costos para el mandante.

Así, con lo anteriormente expuesto, es posible considerar los precios unitarios como la modalidad de contratación adecuada para el proyecto de embalse Chironta.

5.2. Modificaciones de contrato

Luego de la adjudicación del proyecto “Construcción Embalse Chironta, Valle de Lluta, XV Región de Arica y Parinacota”, se realizaron tres modificaciones de contrato a la fecha:

- Modificación de contrato N°1, con fecha 30 de diciembre de 2019.
- Modificación de contrato N°2, con fecha 6 de mayo de 2021.
- Modificación de contrato N°3, con fecha 1 de septiembre de 2021.

Los aumentos y/o disminuciones del presupuesto se resumen a continuación en la tabla 5.1, para cada modificación de contrato.

Tabla 5.1: Montos de variación efectiva de cada modificación de contrato

Descripción	Monto Mod. N °1	Monto Mod. N °2	Monto Mod. N °3
Aumentos de obras ≤ 30 %	1 914 480 498	2 294 551 876	849 144 132
Aumentos de obras >30 %	4 352 651 286	439 522 876	503 063 815
Disminución de obras	-2 485 579 056	-9 476 656 964	-7 485 241 331
Aumento obras extraordinarias			1 431 628 564
Disminución obras extraordinarias			-825 951 516
Obras extraordinarias nuevas	6 209 085 511	6 669 704 148	5 086 349 290
Aumento o disminución valor proforma		-190 000 000	441 000 000
Nuevo valor proforma		262 874 334	
TOTAL VARIACIÓN EFECTIVA	9 990 638 239	-3730	-7051
Ajuste monetario	-2		-5
VALOR CONTRATO MODIFICADO	93 227 702 834	93 227 699 104	93 227 692 053

Fuente: Elaboración propia.

En seguida se presentan los detalles de las tres modificaciones de contrato mencionadas.

5.2.1. Modificación de contrato N°1

A partir de los antecedentes disponibles expuestos en el Anexo D.1, las razones expresadas para la Modificación N°1 del contrato de Chironta se resumen en:

- Obras preventivas previa llegada del invierno altiplánico
- Nueva ataguía por cambio de materiales
- Cambios en protección de taludes piscina de sedimentación
- Aumento de obras producto de calidad de roca menor a la estimada
- Obras adicionales para el proceso de flushing comprometido en la RCA
- Incorporación de medidas ambientales adicionales
- Ajustes de cubicaciones

Los puntos anteriores se traducen principalmente en:

1. Obras extraordinarias
2. Cambios de diseño
3. Cambios en cubicaciones

Es importante indicar que todas las modificaciones mencionadas son legítimas y están permitidas en la modalidad de precios unitarios.

Con respecto a las razones expuestas y desde el punto de vista de la gestión del proyecto, existen algunos aspectos a considerar, los cuales se detallan a continuación:

- Entre las etapas de diseño del proyecto y la ejecución de este, pueden producirse cambios en la topografía del terreno, en particular en una zona como esta, afectada por crecidas y arrastres ocasionadas por el invierno altiplánico. Esto conlleva diferencias entre las cubicaciones hechas en la etapa de diseño, con las cantidades reales de la obra.
- No es extraño que se detecten nuevos impactos ambientales durante la etapa de ejecución de un proyecto, y que por tanto, deban agregarse nuevas medidas de mitigación, compensación y/o reparación.
- Aunque inusual, puede ocurrir que lo detectado en las investigaciones geotécnicas del sector de emplazamiento de la presa y de su túnel de desvío, no coincida con lo hallado en terreno.

El detalle de los aumentos de obra, disminuciones de obra y obras extraordinarias por cada partida, correspondientes a la Modificación de contrato N°1, están contenidas en el Anexo E.1.

Variación efectiva del contrato

En vista de las modificaciones incluidas en el Anexo mencionado, se presenta a continuación en la tabla 5.2 un resumen de las variaciones del presupuesto por ítem, junto con la variación del plazo del contrato, producto de estas modificaciones.

Tabla 5.2: Variación efectiva, modificación de contrato N°1

Descripción	Monto	%	Obras extra	Plazo		Índice base
				N°días	Venc.	
Aumentos de obras ≤ 30 %	1 914 480 498	2,30 %		30		ago-16
Aumentos de obras >30 %	4 352 651 286	5,23 %		67		ago-16
Disminución de obras	-2 485 579 056	-2,99 %		-39		ago-16
Obras extraordinarias	6 209 085 511	7,46 %	7,46 %	96		ago-16
TOTAL VARIACIÓN EFECTIVA	9 990 638 239	12,00 %	7,46 %	155	18-04-2021	ago-16
Ajuste monetario	-2					
VALOR CONTRATO MODIFICADO	93 227 702 834	12,00 %	7,46 %	1445	18-04-2021	ago-16
Plazo extra				131	27-08-2021	

Fuente: Modificación de contrato N°1 CO-ECHI-01 "Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota"

Nuevo valor del contrato

Tabla 5.3: Nuevo valor del contrato, modificación de contrato N°1

Descripción	Monto	% Contrato
Presupuesto contrato original (Res. DGOP N°165 del 18/10/2016), con proformas	\$ 83 237 064 597	100 %
Convenio N°1	\$ 9 990 638 239	12 %
Nuevo presupuesto	\$ 93 227 702 834	

Fuente: Modificación de contrato N°1 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

5.2.2. Modificación de contrato N°2

A partir de los antecedentes disponibles expuestos en el Anexo D.2, las razones expresadas para la Modificación N°2 del contrato de Chironta se resumen en:

- Obras preventivas previa llegada del invierno altiplánico.
- Obra adicional de excavación bajo línea de roca teórica del plinto y materiales necesarios para fundar plinto.
- Protecciones camino de acceso
- Obras adicionales para proceso de flushing
- Obras adicionales para recolección de agua y entrega para riego.
- Adaptación al terreno del diseño de muros del evacuador de crecidas.
- Inclusión rellenos 3C en camino de borde.
- Incorporación de anclajes en caverna de válvulas.
- Incorporación y modificación de elementos en equipos mecánicos.
- Ampliación del badén Arancha.
- Incorporación de plan arqueológico producto de un hallazgo.
- Ajustes de cubicaciones.

Los puntos anteriores se traducen principalmente en:

1. Obras extraordinarias
2. Cambios de diseño
3. Incorporación de elementos no previstos
4. Imprevistos en terreno
5. Cambios en cubicaciones

Al igual que en el caso de la Modificación de contrato N°1, todas las modificaciones mencionadas están permitidas en la modalidad de precios unitarios.

Con respecto a las razones expuestas y desde el punto de vista de la gestión del proyecto, existen algunos aspectos a considerar, los cuales se detallan a continuación:

- Al igual que en la modificación de contrato anterior, pueden producirse cambios en las ubicaciones producto de cambios en la topografía del terreno.
- Es posible que la línea de roca teórica no coincida con la realmente encontrada en la materialización del proyecto.
- A medida que avanza la materialización del proyecto, se van modificando o añadiendo obras a construir, lo que puede conllevar la incorporación de diferentes elementos en los equipos mecánicos necesarios para llevarlas a cabo.
- No es raro el hallazgo de rasgos arqueológicos y/o paleontológicos en la construcción de obras civiles, y en particular, en una sector rico en herencia cultural como lo es la Región de Arica y Parinacota, donde sus primeros habitantes pertenecientes a la «Cultura Chinchorro», que datan de 8.000 años A.C., se caracterizaron por practicar la momificación de sus muertos.

El detalle de los aumentos de obra, disminuciones de obra, obras extraordinarias y sus respectivos aumentos y disminuciones, correspondientes a la Modificación de contrato N°2, están contenidas en el Anexo E.2.

Variación efectiva del contrato

En vista de las modificaciones incluidas en el Anexo mencionado, se presenta a continuación en la tabla 5.4 un resumen de las variaciones del presupuesto por ítem, junto con la variación del plazo del contrato, producto de estas modificaciones.

Tabla 5.4: Variación efectiva, modificación de contrato N°2

Descripción	Monto	%	Obras extra	Plazo		Índice base
				N° días	Venc.	
Aumentos de obras ≤ 30 %	2 294 551 876	2,76 %				ago-16
Aumentos de obras >30 %	439 522 876	0,53 %				ago-16
Disminución de obras	-9 476 656 964	-11,39 %				ago-16
Obras extraordinarias	6 669 704 148	8,01 %	8,01 %			ago-16
Valor proforma						
Disminución valor proforma	-190 000 000	-0,23 %				
Nuevo valor proforma	262 874 334	0,32 %	0,32 %			
TOTAL VARIACIÓN EFECTIVA	-3730	0,00 %	8,33 %	0	27-08-2021	ago-16
Ajuste monetario						
VALOR CONTRATO MODIFICADO	93 227 699 104	12,00 %	15,79 %	1576	27-08-2021	ago-16
Plazo extra				90	25-11-2021	

Fuente: Modificación de contrato N°2 CO-ECHI-01 "Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota"

Nuevo valor del contrato

Tabla 5.5: Nuevo valor del contrato, modificación de contrato N°2

Descripción	Monto	% Contrato
Presupuesto contrato original (Res. DGOP N°165 del 18/10/2016), con proformas	\$ 83 237 064 597	100 %
Convenio N°1	\$ 9 990 638 239	12 %
Convenio N°2	-\$ 3730	
Nuevo presupuesto	\$ 93 227 699 104	

Fuente: Modificación de contrato N°2 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

5.2.3. Modificación de contrato N°3

A partir de los antecedentes disponibles expuestos en el Anexo D.3, las razones expresadas para la Modificación N°3 del contrato de Chironta se resumen en:

- Obras adicionales para dar inicio a operación del embalse.
- Adelanto en programa de instalaciones eléctricas, planta fotovoltaica y obras de entrega en casa de válvulas.
- Obras adicionales asociadas badén Arancha, que constituye la única vía de cruce y acceso al embalse.
- Obras adicionales para construcción de puente Palmani.

Los puntos anteriores se traducen principalmente en:

1. Obras extraordinarias
2. Cambios de diseño
3. Cambios en programa para inicio anticipado de operación.

Al igual que en los casos de la Modificaciones de contrato N°1 y N°2, todas las modificaciones mencionadas están permitidas en la modalidad de precios unitarios.

Con respecto a las razones expuestas y desde el punto de vista de la gestión del proyecto, existen algunos aspectos a considerar, los cuales se detallan a continuación:

- Algunas de las de obras extraordinarias mencionadas, en este caso, están asociadas a terminaciones del proyecto, lo cual es consistente con el avance éste.
- La incorporación de obras extraordinarias y los cambios en el programa de construcción, ambas con el objetivo de adelantar la operación del embalse, son convenientes, considerando que el término del proyecto se ha visto retrasado.

El detalle de los aumentos de obra, disminuciones de obra, obras extraordinarias y sus respectivos aumentos y disminuciones, correspondientes a la Modificación de contrato N°3, están contenidas en el Anexo E.3.

Variación efectiva del contrato

En vista de las modificaciones incluidas en el Anexo mencionado, se presenta a continuación en la tabla 5.6 un resumen de las variaciones del presupuesto por ítem, junto con la variación del plazo del contrato, producto de estas modificaciones.

Tabla 5.6: Variación efectiva, modificación de contrato N°3

Descripción	Monto	%	Obras extra	Plazo		Índice base
				N° días	Venc.	
Aumentos de obras ≤ 30 %	849 144 132	1,02 %				ago-16
Aumentos de obras >30 %	503 063 815	0,60 %				ago-16
Disminución de obras	-7 485 241 331	-8,99 %				ago-16
Aumento obras extraordinarias	1 431 628 564	1,72 %	1,72 %			
Disminución obras extraordinarias	-825 951 516	-0,99 %	-0,99 %			
Obras extraordinarias nuevas	5 086 349 290	6,11 %	6,11 %			ago-16
Aumento valor proforma	441 000 000	0,53 %				
Ajuste monetario	-5					
TOTAL VARIACIÓN EFECTIVA	-7051	0,00 %	6,84 %	0	25-11-2021	ago-16
Ajuste monetario						
VALOR CONTRATO MODIFICADO	93 227 692 053	12,00 %	22,63 %	1666	25-11-2021	ago-16

Fuente: Modificación de contrato N°3 CO-ECHI-01 "Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota"

Nuevo valor del contrato

Tabla 5.7: Nuevo valor del contrato, modificación de contrato N°3

Descripción	Monto	% Contrato
Presupuesto contrato original (Res. DGOP N°165 del 18/10/2016), con proformas	\$ 83 237 064 597	100 %
Convenio N°1	\$ 9 990 638 239	12 %
Convenio N°2	-\$ 3730	0 %
Convenio N°3	-\$ 7051	0 %
Nuevo presupuesto	\$ 93 227 692 053	

Fuente: Modificación de contrato N°3 CO-ECHI-01 "Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota"

5.3. Comentarios

Si bien es usual que las obras de construcción presenten variaciones y modificaciones, es importante que estas se encuentren dentro de un rango razonable y que no signifiquen un aumento excesivo en el plazo o en el presupuesto del proyecto. Esto es particularmente importante cuando de un proyecto de obras públicas se trata, ya que los costos adicionales del proyecto son asumidos por el Estado, es decir, por todos los ciudadanos.

Con respecto a lo expuesto sobre el embalse Chironta, este no tiene variaciones tan significativas como otros casos de obras civiles mayores, como los proyectos hidroeléctricos Los Cóndores o Alto Maipo. Sin embargo, esto no quiere decir que las variaciones del proyecto Chironta sean despreciables.

La fecha inicial de término de plazo para el proyecto de embalse Chironta era el día 14 de noviembre de 2020 y la fecha de término de plazo luego de la última modificación de contrato disponible, era el día 25 de noviembre de 2021. Dicho de otra manera, el proyecto presenta un año de atraso, lo cual desde el punto de vista de la utilidad del proyecto; embalse para riego, implica pérdidas en los beneficios sociales de acumular el agua del río Lluta. Esto cobra mayor importancia considerando que el invierno boliviano genera recursos; más el minimizar perjuicios de estas bajadas de agua, que normalmente ocurren en verano, por la contención de caudales y arrastre que genera un embalse como éste. Por ello, no es posible admitir estos retrasos.

Una manera de evitar estos atrasos es con trabajo preventivo. Por una parte anticipándose a los sucesos de cambios, y por otra, con un trabajo más eficaz para el caso de imprevistos. Ahora, no se advierte que esto último haya sucedido en el caso de Chironta.

En relación a los aumentos de obras, esto puede ser llevado a cabo aumentando los recursos o los frentes de trabajo, de manera que no implique retrasos significativos en los plazos establecidos o que incluso estas obras logren concluir antes de plazo. Esto es posible y se ha dado en construcciones de obras civiles mayores anteriores, obteniendo así los beneficios esperados del proyecto.

Lo anterior es posible de lograr con mayores y/o mejores recursos profesionales, para hacer un mejor control y seguimiento, que detecte oportuna y tempranamente las posibles fuentes de atrasos y que utilicen sus experiencias en la aplicación de medidas correctivas para estos problemas.

En relación al aumento de costos, que en el caso del proyecto Chironta se estima en aproximadamente un 12 %, este se encuentra dentro de un rango razonable. No obstante, estos aumentos de costos pueden disminuirse o incluso evitarse aumentando las investigaciones geotécnicas necesarias para mejorar la precisión de las estimaciones de calidad geológica de las rocas.

Finalmente, otra recomendación puede ser el no recargar estos proyectos con obras extraordinarias, que en muchas ocasiones son ajenas al proyecto de embalse mismo. Estas obras pueden ser adjudicadas a contratistas, cuidando resolver con los recursos profesionales pertinentes, las eventuales interferencias que se pueden generar por la participación de más de

un contratista en la zona. A este respecto también hay experiencia positiva, de proyectos de obras civiles mayores, con participación de varios contratistas en simultáneo.

Capítulo 6

Análisis del proceso en materia ambiental del proyecto

El Estudio de Impacto Ambiental del embalse Chironta fue aprobado por la Resolución Exenta N°036/2014 de Calificación Ambiental [34] el día 22 de septiembre de 2014. Considerando que el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto fue presentado en noviembre del 2012, se tiene que este proceso llevó poco menos de dos años. Durante el proceso el titular emitió además cuatro adendas.

En la Resolución se deja constancia de algunos antecedentes generales del proyecto, entre ellos un monto estimado de la inversión de \$ 77 736 406 y un plazo de construcción de 48 meses. Adicionalmente, deja constancia también de los impactos ambientales por ruido y vibraciones, emisiones atmosféricas, residuos líquidos y sólidos y la evaluación técnica de las observaciones ciudadanas.

6.1. Evaluación técnica de consultas ciudadanas

De las observaciones formuladas por la ciudadanía y que cumplen los requisitos establecidos en el artículo 29 de la Ley N° 19.300 y en el artículo 53 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, se recibieron y evaluaron técnicamente 57 de ellas, de las cuales se exponen a continuación algunas de las más relevantes y/o más frecuentes:

Consulta N°1: Comunidad indígena de Challallapo

“Desde el sector del badén de Sora, hasta el sector donde se construirá el embalse, existen varios sitios arqueológicos que se verán afectados, tanto por la inundación como las excavaciones que tendrán que realizarse para las obras anexas al proyecto. Es necesario que todo el material arqueológico que sea encontrado y removido para la construcción del embalse debiese ser documentado, con el fin de preservarlo en el tiempo y mantener vivo su significado para las comunidades indígenas que ancestralmente han estado vinculadas a estos sitios, fundamentalmente la comunidad de Challallapo. Como medida para dar cuenta de este impacto sobre los sitios arqueológicos, es que le solicitamos al titular que genere una publicación

que recopile los hallazgos identificados, los caminos troperos del sector, la biodiversidad del territorio y otros temas para así promover la relevancia de estos sitios entre la comunidad y los potenciales turistas que lleguen a visitar el embalse en el futuro. Derivado de lo antes expuesto se solicita una medida de compensación a través de comodato por parte de Bienes Nacionales o adquisición de terreno por parte de CONADI, para emplazar una construcción que se ajuste a la arquitectura aymara y en donde se pueda resguardar y conservar para la exposición y difusión, el patrimonio arqueológico levantado o relocalizado. Lo que dará un mayor realce a la historia, cultura y costumbres propias del sector, lo que a su vez va a crear empoderamiento y reconocimiento de los mismos pobladores hacia su cultura y a fomentar el potencial turístico de la zona.” [34]

Evaluación Técnica:

En Adenda 3, Anexo 3 se señalan medidas de mitigación por afectación de patrimonio arqueológico, como: áreas restringidas que no serán intervenidas, capacitación a trabajadores, cercado de protección temporal, plan de monitoreo arqueológico, cubrimiento de bloques de arte rupestre, sitio Millune será cercado y será señalado como Monumento nacional, inspección bimensual de este sitio por especialista. En cuanto a medidas de compensación, se establece un plan de rescate arqueológico en el sitio, un registro de elementos históricos y la elaboración de material audiovisual, informes y charlas a la comunidad sobre las investigaciones arqueológicas.

Consulta N°9: Dante Alfredo Humire Choque

“Algo de vital importancia para nuestra comunidad Lluteña, hoy cuando estimamos necesario recorrer la cuenca del río Lluta para fiscalizar las contaminaciones y posibles extracciones de aguas por terceros, lo hacemos internándonos por el valle hacia el interior y con la posibilidad de conectarnos con otros caminos que nos permite salir de la cuenca, y así poder establecer comunicación con algunos pueblos precordilleranos, si en el proyecto del embalse no está considerado un paso, habría que incluir este camino por el costado del embalse, no nos gustaría que quedara trunco esta comunicación, causaría un impacto negativo al quedar cortado esta vía de comunicación en Chironta.” [34]

Evaluación Técnica:

Según lo señalado en la Adenda 4, el titular se compromete a construir una huella peatonal desde el coronamiento hasta la cola de la presa.

Consulta N°11: Juan Carlos Maximiliano Kesler

“Según personas que llevan muchos años viviendo en el valle creen que el embalse se llenará rápidamente de sedimentos debido a las fuertes lluvias que arrastran material, lo que significa un gasto por algo que en unos pocos años no nos servirá. Tengo entendido que estos sedimentos, este material que se acumulará, no se puede sacar. ¿Qué hay al respecto? Me disculpo en caso de que estas observaciones no corresponda dirigirlas al SEA.” [34]

Evaluación Técnica:

Según lo expuesto en la Adenda 2, el manejo de sedimentos del embalse Chironta será

realizado mediante la técnica del «flushing» que considera la evacuación de estos sedimentos a través del túnel de descarga. Esto permite presupuestar que el volumen para sedimentos del embalse baste sea ocupado en el plazo de 50 años de operación que se proyectaron.

Consulta N°12: Dante Alfredo Humire Choque

“Una vez que se embalsen las aguas, podría incrementarse la población de jerjeles, zancudos etc. causando molestias a la población humana en especial. Durante el período de construcción, que dura aproximadamente 3 años el tránsito de todo tipo de vehículos y maquinarias pesadas va a ser constante y considerando la carretera de tierra sin duda va a generar mucha polvareda y probablemente el tránsito también sea de noche, lo que generaría ruidos y esto no permitiría un descanso reparador a los habitantes, el polvo y las partículas en suspensión producirían daño a la salud humana y plagas a los cultivos cercanos a la carretera, especialmente en el sector alto del valle. Habría que buscar la fórmula para mitigar estos fenómenos o situaciones anómalas, ejemplo ripiar el camino o carretera. ” [34]

Evaluación Técnica:

De acuerdo con la Adenda 1, para minimizar la proliferación de jerjeles y/o zancudos se proponen distintas medidas higiénicas, entre ellas: mantener aseados lugares de faenas, recoger y eliminar eficientemente la basura y mantenerla en depósitos cerrados, drenar estructuras susceptibles a la acumulación de agua.

En cuando a los impactos medioambientales del tránsito vehicular y sus medidas de mitigación, estas se encuentran en el Anexo 3 de la Adenda 3. Las medidas para las emisiones de polvo por el tránsito a través de la ruta A-15 han sido complementadas en el proceso de evaluación del EIA, incorporando además medidas de contingencia, y planes de seguimiento.

Adicionalmente, el componente calidad del aire y el componente ruido fueron sometidos a consulta indígena, obteniendo compromisos por parte del titular.

Consulta N°25: Comunidad indígena de Challallapo

“¿Cómo asegura el titular que las aguas del río Lluta en general y del tranque Chironta en particular, no se verán afectadas por la potencial llegada de empresas mineras a la región, o que pudiesen emplazarse aguas arriba del sector?, lo anterior considerando que la calidad natural de esta agua no es la mejor y podría verse empeorada, afectando la existencia de la agricultura y la biodiversidad en el valle.” [34]

Evaluación Técnica:

En el caso que se presente un proyecto minero aguas arriba del embalse Chironta, será a través de otro proceso de evaluación diferente a través del SEIA, y deberá evaluarse si dicho proyecto minero pudiera afectar la calidad de las aguas que llegan al embalse. En caso de ser así, el titular de dicho proyecto deberá presentar las medidas para evitar el cambio en la calidad de las aguas.

Consulta N°30: Junta de vigilancia del río Lluta

“En cuanto a un eventual derrame de materiales tóxicos hacia el caudal del río Lluta como los derivados de hidrocarburos (diesel, aceites, etc.), durante la construcción del embalse, creemos es preciso detallar el plan de contingencia, desde esta perspectiva ¿Cuál sería el plan de contingencia específico en el caso planteado y cómo se coordinaría éste con la Junta de vigilancia río Lluta y sus tributarios?” [34]

Evaluación Técnica:

De acuerdo con el Capítulo 11 del EIA, se tiene un plan de prevención de riesgos y de control de accidentes que incluye este caso. Además, en la Adenda 3, Anexo 3, se detallan las medidas de contingencias asociadas a contaminación de aguas del río Lluta que se implementarían.

Consulta N°36: Junta de vigilancia del río Lluta

“Respecto de la calidad de las aguas en la etapa de construcción el estudio señala que se producirá una alteración de estas ¿La alteración, tiene un carácter positivo o negativo?.” [34]

Evaluación Técnica:

Durante la fase de construcción del proyecto se producirá un impacto negativo moderado y temporal sobre la calidad el agua, reversible con medidas ambientales.

Durante la construcción se producirán desvíos temporales en los cursos de agua, que conllevarán corte de la vegetación, además de movimientos de tierras, tránsito de vehículos y de maquinaria, actividades que aumentarán temporalmente los sólidos suspendidos y totales en las aguas, implicando un deterioro temporal de su calidad, disminuyendo con esto la fotosíntesis de la flora acuática.

Una situación similar se da en el caso de las obras del camino de acceso, en la explotación de empréstitos y empréstitos de reserva. Los efectos mencionados se dan en mayor medida en las proximidades de las obras.

Consulta N°43: Luis Renato Humire Mercado

“No se consultó en forma previa a la comunidad de Socoroma (fueron el 8 de octubre a presentar el proyecto), tampoco a los demás tributarios del río Lluta, considerando que con esto no queda claro quien sería el dueño del excedente del agua del río Lluta (Convenio 169).” [34]

Evaluación Técnica:

Mediante la Resolución Exenta N°008/2014 se inicia el proceso de consulta indígena sobre el EIA del embalse Chironta y mediante la Resolución Exenta N°010/2014 se instruye al SEIA, la ejecución de este proceso. En él, se trabajó con las comunidades susceptibles de ser afectadas por el proyecto, y se trataron las variables ambientales de los componentes calidad del aire, componente ruido, medio humano y recurso y patrimonio arqueológico. Este proceso

finalizó a través de la firma del Protocolo de Acuerdo Final con fecha 22 de agosto del 2014.

Por otro lado, el proceso de consulta indígena expuesto en la Adenda 1, tuvo como objetivo difundir a la comunidad las características y beneficios del proyecto, además de recoger e incorporar al proyecto las propuestas de los pueblos indígenas afectados y de llegar a consensos en las demandas (Capítulo 12 EIA). Se consensuaron las organizaciones que deberían participar en el proceso y se desarrolló una reunión de validación del plan de consulta indígena el día 27 de Septiembre del 2011, estableciéndose acuerdos y compromisos.

Con respecto a la segunda pregunta, legalmente el río Lluta tiene asignados derechos de agua consuntivos y no consuntivos, los cuales se encuentran en poder de los regantes y agricultores del valle. El proyecto tiene un área de acción del proyecto beneficia a 84 canales aguas abajo del embalse y no aguas arriba, por lo que no debiese afectar a agricultores que posean derechos ni a regantes sin derechos de agua que se encuentren aguas arriba del embalse.

Consulta N°51: Elizabeth Nora Alanoca Mamani, Jova Terrazas Mamani, Miguel Carvajal Alanoca, Dionisio Zárate Zárate, Amador Vásquez Huanca, Mafalda Vásquez Huanca, Ernestina Colque Choque

“Lo anterior debido a que, el aumento de tránsito de vehículos, buses con traslado de trabajadores, camiones aljibes, camiones para el abastecimiento de las faenas, traslado de materiales (cemento, fierros, entre otros), maquinaria pesada, traslado de residuos peligrosos, traslado de equipamiento, afectaran a toda la comunidad que vive a lo largo de la ruta A-15, desfavoreciendo estado actual de vida y generando efectos negativos en las siembras, cultivos y cosechas por el continuo tránsito vehicular, que implica la mayor congestión, levantamiento de polvo, emisión de gases, además de riesgos en el tránsito de los habitantes que usan esta ruta como vía de acceso a sus predios diariamente y/o el traslado de sus animales. Por lo tanto la solución para nosotros pasa por el mejoramiento de la actual vía desde el km 0 de la ruta A-15 (Bocanegra hasta el embalse) y no solo desde Arancha.” [34]

Evaluación Técnica:

Los efectos negativos del tránsito que cobran mayor relevancia sobre los agricultores y sus cultivos, corresponde a la emisión de polvo. En la Adenda 2, Anexo 9, se presenta el cálculo de estas emisiones y en la Adenda 3, Anexo 3, las medidas de mitigación y planes para el impacto de la calidad del aire durante la construcción. También se presentan medidas para el riesgo en el tránsito de los habitantes que suelen usar la ruta.

Por otra parte, en la Adenda 3, Capítulo 2, el titular señala que no se efectuarán ensanchamiento ni ninguna otra modificación a la ruta A-15, pero sí actividades de conservación de la ruta en caso de que se requiera.

Consulta N°53: Elizabeth Nora Alanoca Mamani, Jova Terrazas Mamani, Miguel Carvajal Alanoca, Dionisio Zárate Zárate, Amador Vásquez Huanca, Mafalda Vásquez Huanca, Ernestina Colque Choque

“Se debe considerar además la existencia de la escuela G-117 en la ruta en el que se debe resguardar la seguridad de sus alumnos y la infraestructura.” [34]

Evaluación Técnica:

Según lo expuesto en el Capítulo 5 del EIA del proyecto, el límite de velocidad para los vehículos en caminos no pavimentados será de 40 km/h en lugares habitados. Los trabajadores serán instruidos sobre esta medida y se implementará señalética con la velocidad máxima en el camino de acceso.

Adicionalmente, se informará a la comunidad a través del Municipio y otras organizaciones, sobre los horarios de transporte requeridos durante la construcción. Todo esto con el objetivo de la prevención de riesgos de accidentes.

6.2. Impactos ambientales y medidas de mitigación y compensación

En el Anexo F se exhiben las tablas con todos los impactos ambientales, medidas de mitigación, reparación y compensación; y los planes de seguimiento y de contingencia del proyecto. Los impactos ambientales considerados son los generados tanto en la etapa de construcción como en la etapa de operación.

9. “Otras Acciones Presentadas en el Proceso de Evaluación.

Durante el proyecto se realizó el Proceso de Consulta Indígena, el cual concluyó con un Protocolo de Acuerdo Final (PAF). Este protocolo de fecha 22 de agosto de 2014, es parte del expediente de evaluación y consta de una serie de acuerdos que el propio titular se compromete a cumplir, los cuales son los siguientes:

9.1 Componente calidad del aire:

1. El titular compromete Estudio de Ingeniería de Diseño de la ruta A-15 para el año 2015.
2. El titular compromete una base estabilizada con solución asfáltica de la ruta A-15 para el año 2016.
3. El titular compromete Procesos de Participación ciudadana en los proyectos, específicamente en etapa de construcción del embalse Chironta.
4. El titular compromete que los tiempos de corte en el caso de que existan en el tramo que corresponde a la DOH, se puede limitar.
5. El titular compromete a avisar previamente a la comunidad cuando existan estos cortes.

6. Se acuerda que se utilizarán medios de mitigación como bischofita o similar, mallas tipo raschel frente a sectores agrícolas y asentamientos, riego de superficie de caminos en primera etapa del proyecto, estimado para los primeros seis meses o hasta que se comience y finalice pavimentación de la ruta A-15 desde el Km. 0 en Bocanegra hasta el Km. 21,78.

7. Se acuerda entre las Comunidades y Asociaciones Indígenas, Director Regional de la DOH XV y Encargada Regional UGAT, que se tendrán tres libros de reclamos y sugerencias en los tres poblados, Molinos, Chapisca y Sora y que estos serán revisados cada 15 días para dar solución inmediata a los reclamos si los hubiesen y se corrijan las situaciones anómalas identificadas.

9.2 Componente Ruido:

1. El titular compromete que los rangos de velocidad de circulación están estipulados en las bases de licitación realizadas por el Ministerio de Obras públicas y que es un tema que se tiene contemplado.

2. Se acuerda entre las Comunidades y Asociaciones Indígenas y el titular, que se tendrán tres libros de reclamos y sugerencias en los tres poblados, Molinos, Chapisca y Sora y que estos serán revisados cada 15 días para dar solución inmediata a los reclamos si los hubiesen y se corrijan las situaciones anómalas identificadas.

9.3 Medio Humano:

A) Dimensión geográfica:

El titular reafirma compromiso del titular establecido en ADENDA 4, de construir una huella peatonal desde el coronamiento de la presa hasta la cola del embalse que reemplace la huella tropera existente.

B) Dimensión demográfica:

El titular señala que se generará un convenio con la OMIL de la Municipalidad de Arica, para realizar capacitaciones en los oficios que puedan surgir durante el desarrollo de la obra, como forma de generar contratación de mano de obra local.

C) Dimensión antropológica:

El titular se compromete a tomar en consideración el calendario entregado por las comunidades indígenas en el mes de marzo del 2015 con fechas de actividades culturales, festividades y actividades productivas tradicionales, esto para poder cumplir con la medida de mitigación propuesta para el componente medio humano, en la etapa de construcción del proyecto, que señala lo siguiente: «Coordinación con dirigentes locales para las fechas de realización de festividades culturales tradicionales, con el objeto de coordinar las medidas tendientes a no interferir tales iniciativas».

D) Dimensión socioeconómica

1. El titular compromete el plantear de forma complementaria las defensas del río Lluta en

el sector de Arancha (desde km., 21 hasta el muro del embalse), para que los servicios como INDAP, CNR y SAG puedan realizar sus programas de recuperación de suelos.

2. El titular compromete Estudio de Ingeniería de Diseño de la ruta A-15 para el año 2015.

3. El titular compromete una base estabilizada con solución asfáltica de la ruta A-15 para el año 2016.

9.4 Componente Recursos y Patrimonio Arqueológico:

9.4.1. El titular se compromete a realizar un Estudio de Factibilidad de la Ruta A-15, en el sector del Sitio arqueológico Millune, en el que se evalúe cambiar el trazado de la ruta, pasando por debajo de dicho sitio arqueológico. Además, complementa su compromiso señalando que se puede hacer este estudio, que indique lo que sería más aconsejable respecto a la factibilidad del traslado del camino.

9.4.2. El titular adquiere el compromiso de apoyar a las comunidades indígenas, en la realización de un Estudio de Diseño para una propuesta museográfica, para ser presentada como proyecto a fondos regionales concursables para ser desarrollado y poder llevar a cabo, la construcción de un Museo en el sector alto del valle de Lluta.

9.4.3. El titular se compromete a revisar, estudiar y analizar la legislación sobre la contratación de profesionales en temas específicos para apoyo a las comunidades, que actúen como contraparte técnica durante el proceso de construcción del proyecto embalse Chironta.

9.4.4. El titular compromete el apoyo en dar valor a los sitios y hallazgos arqueológicos, y acompañamiento a las comunidades en dicho proceso.

9.4.5. El titular y el Sr. Eduardo Ormazábal, Presidente de la comunidad de Challallapo, acuerdan la entrega de una carta de apoyo por parte del SEREMI MOP para un proyecto de Museo, que está realizando la comunidad de Challallapo.

9.4.6. Se acuerda que las comunidades indígenas participantes del Proceso de Consulta indígena serán parte activa de todo el proceso de Plan de Manejo Integral del Sitio Arqueológico de Millune, antes de la etapa de construcción del embalse Chironta. Se acuerda entre las comunidades y el titular que ellos serán considerados en los procesos de participación ciudadana que realice el MOP en la XV Región, en aquellos proyectos que afecten las áreas de dichas comunidades indígenas incluidas en el presente proceso de Consulta Indígena.

9.5. Componente Población Protegida por leyes especiales:

9.5.1. El titular compromete iniciar reuniones con las Comunidades y Asociaciones Indígenas que participaron del Proceso de Consulta Indígena, en el mes de Noviembre del presente año (2014), para tratar los temas de las aguas eventuales y subsidio de la construcción del embalse Chironta, entre otros.

9.6. Ejecución de los acuerdos:

El titular acordó seguir los Mecanismos de administración y ejecución según el título «4.

MECANISMOS DE ADMINISTRACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS ACUERDOS LOGRADOS», del capítulo XVII del ICE del EIA embalse Chironta.

9.7. Fiscalización de los acuerdos logrados en el PCI:

El titular acordó la forma de seguimiento y fiscalización según el título «5. SEGUIMIENTO Y FISCALIZACIÓN DE LOS ACUERDOS LOGRADOS», del capítulo XVII del ICE del EIA embalse Chironta.” [34]

Sumado a lo anterior, la autoridad estableció las siguientes condiciones específicas:

10. “Condiciones o Exigencias Específicas:

1. No se podrán efectuar ensanchamientos, cambios de eje u otro tipo de modificación de la Ruta A-15, durante la ejecución del proyecto, salvo los propios de obras de mejoramiento, ya que se podrían afectar sitios arqueológicos protegidos por ley, según el oficio ORD. N°230 de 22/01/2014 por Consejo de Monumentos Nacionales.

2. El titular del proyecto debe realizar una modelación y estimación de material particulado MP-10, de acuerdo a la Guía para el uso de modelos de calidad del aire SETA 2012, considerando a lo menos distancias objetivas, vientos predominantes y confiabilidad de cálculo, entre otros, todo esto debido a que el titular, en su modelación de emisiones, consideró una distancia aproximada de 89 metros desde la ruta hasta el receptor; situación relativa, ya que prácticamente todos los poblados se encuentran a orillas de la Ruta A-15.

3. titular deberá considerar que en caso que el cloruro de magnesio hexahidratado (bischofita o similar), no se comporte del modo esperado, constatándose la presencia de Material Particulado generado por el paso de vehículos, que esté afectando a las personas y poblados que se encuentran a lo largo de la Ruta, se deberá adoptar medidas en forma inmediata, ya sea a través de una carpeta sólida u otra medida que garantice la protección de la salud y bienestar de la población. La presente medida se ha potenciado mediante una solución base estabilizada con solución asfáltica al 2016 de la ruta A-15, según lo comprometido en el Protocolo de Acuerdo Final (PAF) del proceso de consulta indígena.

4. El titular deberá presentar antes del inicio de las obras del embalse en comento, un plan de seguimiento de la salud del Santuario de la Naturaleza, humedal de la desembocadura del río Lluta y de todo el tramo desde el muro del embalse hasta la desembocadura del río, el que deberá incluir un programa de monitoreo que dé cuenta de los cambios en el régimen hídrico y sedimentológicos, que incluya los parámetros físicos, químicos y biológicos de la dinámica de sedimentos. El plan de seguimiento y programa de monitoreo deberá realizarse durante toda la vida útil del embalse y deberá ser enviado a la seremi del medioambiente mensualmente, y en caso de evidenciarse compromiso de la salud del humedal, el funcionamiento del embalse quedará sujeto a las modificaciones de operación que el titular del proyecto realice y de esta manera aseguren la mantención del ecosistema desde el muro del embalse hasta el humedal. El monitoreo deberá iniciarse al menos 3 meses antes del inicio de las obras del proyecto.

5. El titular deberá entregar a la seremi del medioambiente un programa anual de monitoreo de la vegetación, la flora y fauna complementario al plan de vigilancia del humedal

propuesto por el titular, en anexo 10 de la adenda N°2, el que deberá realizarse durante todo el tiempo de vida del proyecto. Este programa deberá ser aprobado por la seremi del medioambiente.

6. El titular deberá presentar un plan de restauración en caso que el monitoreo de la salud del humedal de la desembocadura del río Luta evidencie daños en el ecosistema, en tal situación se deberá además presentar un informe detallado de los daños producidos, un plan de restauración del ecosistema y una propuesta con los ajustes metodológicos que permita asegurar que la salud del humedal no seguirá viéndose perjudicada.” [34]

Y que para su ejecución se requieren los permisos de carácter ambiental de los artículos 76, 89, 90, 91, 93, 95, 99, 101 y 106 del título VII del Artículo N°2 del DS 95/2001 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia y que se presentan a continuación:

Artículo 76: Permiso para hacer excavaciones de carácter arqueológico, antropológico, paleontológico o antropearqueológico, a que se refieren los artículos 22 y 23 de la Ley N°17.288.

Se solicita este permiso dado que se registraron 24 sitios arqueológicos en el área del proyecto: 13 en el sector del camino de acceso, y 11 en el área del embalse. De estos sitios, 7 serán rescatados y al resto se le aplicarán medidas de mitigación y prevención. El Consejo de Monumentos Nacionales (CMN), se ha pronunciado conforme con antecedentes presentados en Adenda 2, otorgando el permiso.

Artículo 89: Permiso para la extracción de ripio y arena en los cauces de los ríos y esteros, a que se refiere el artículo 11 de la Ley N°11.402.

Se solicita este permiso dado que para el proyecto Chironta se planea intervenir el cauce del río Luta, para la utilización de material del lecho para las construcciones del embalse. La DOH de la XV Región (Arica y Parinacota), se ha pronunciado conforme con antecedentes presentados en Adenda 1, para ser otorgado el permiso.

Artículo 90: Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros, a que se refiere el artículo 71 letra b) del D.F.L. 725/67, Código Sanitario. La SEREMI de Salud de la XV Región, se ha pronunciado conforme con antecedentes presentados en Adenda 1, para ser otorgado el permiso.

Artículo 91: Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza.

Se solicita este permiso dado que en el proyecto Chironta se contempla la implementación de un sistema de plantas de tratamiento de aguas servidas dispuestas durante la etapa de construcción. La SEREMI de Salud de la XV Región, se ha pronunciado conforme con antecedentes presentados en Adenda 1, para ser otorgado el permiso.

Artículo 93: Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de

basuras y desperdicios de cualquier clase, a que se refieren los artículos 79 y 80 del D.F.L. N°725/68, Código Sanitario, del Ministerio de Salud.

Se solicita este permiso dado que el proyecto Chironta involucra tanto residuos peligrosos como no peligrosos, entre ellos: residuos domésticos y asimilables, residuos industriales sólidos no peligrosos, residuos sólidos peligrosos y lodos de las plantas de tratamiento de aguas servidas. Así, se deben destinar áreas para el almacenamiento de estos residuos. La SEREMI de Salud de la XV Región, se ha pronunciado conforme con antecedentes presentados en Adenda 1, para ser otorgado el permiso.

Artículo 95: Permiso para realizar pesca de investigación para el seguimiento de la condición de poblaciones de especies hidrobiológicas, a que se refiere el Título VII de la Ley N°18.892 cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado se contiene en el D.S. N°430.

Se solicita este permiso dado el plan de seguimiento ambiental del proyecto. La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura se ha pronunciado conforme con antecedentes presentados en Adenda 2, para ser otorgado el permiso.

Artículo 99: Permiso para la caza o captura de los ejemplares de animales de las especies protegidas, a que se refiere el artículo 9° de la Ley N°4.601.

Se solicita este permiso dado que en el proyecto se contempla como medida de mitigación, la captura de individuos de especies protegidas para rescate y relocalización, debido a la intervención de su hábitat. El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) se ha pronunciado conforme con antecedentes presentados en Adenda 2, para ser otorgado el permiso.

Artículo 101: Permiso para la construcción de las obras a que se refiere el artículo 294 del D.F.L. N°1.122 de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas.

Se solicita este permiso por tratarse el proyecto de una obra hidráulica mayor. La Dirección General de Aguas (DGA) de la XV Región, se ha pronunciado conforme con antecedentes presentados en Adenda 2, para ser otorgado el permiso.

Artículo 106: Permiso para las obras de regularización y defensa de cauces naturales, a que se refiere el segundo inciso del artículo 171 del D.F.L. N° 1.122 de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas.

Se solicita este permiso por tratarse el proyecto de una obra de regulación de los recursos hídricos. La DGA de la XV Región, se ha pronunciado conforme con antecedentes presentados en EIA, para ser otorgado el permiso.

6.3. Comentarios

Es posible apreciar en la Resolución de Calificación Ambiental que se presentan ahí todos los antecedentes del proyecto, todos los impactos ambientales que genera, con sus respectivas medidas de mitigación y compensación e incluso aspectos relacionados con la participación ciudadana.

Respecto a este último punto, se observa el adecuado tratamiento de varios aspectos que interesan a las comunidades y a las personas que viven en el sector. Esto se advierte en el hecho de que todas las consultas en relación con el embalse fueron contestadas indicando el documento pertinente (adenda) en que se tratan sus respectivos impactos y medidas correctivas.

Asimismo, es posible notar que se invitó a las comunidades a participar en reuniones que no sólo eran informativas, sino que además los planteamientos y preocupaciones que presentaron fueron escuchados y muchos de ellos tratados para darles solución. En particular, se menciona una reunión de validación del plan de consulta indígena, realizada el 27 de septiembre de 2011, donde se establecieron acuerdos y compromisos por parte del titular del proyecto.

En relación con las consultas realizadas por los habitantes del sector, la mayoría de ellas guardan relación con los impactos negativos en el tránsito vehicular de la ruta A-15, en la calidad del aire y del agua, en el patrimonio arqueológico del sector y en la acumulación de sedimentos en el embalse. Es posible observar en las respuestas a estas consultas, que todos estos impactos incluyen alguna medida de mitigación, reparación o compensación.

Por otro lado, en algunas de las consultas ciudadanas aseguran que no se consultó a comunidades del sector de forma previa a la presentación del proyecto. Si bien, tal como indica la bibliografía de Política Operativa sobre Pueblos Indígenas, lo ideal es disponer de las opiniones de los afectados lo más temprano posible y durante las distintas etapas del ciclo de un proyecto, es importante señalar que esta recomendación no es de fácil aplicación y no lo ha sido en Chile, por motivos ajenos al proyecto y que parecen tener mayor relación con la manera en que están planificados todos estos proyectos en el país.

En relación con lo anterior, es importante destacar que en el proyecto Chironta si se siguieron algunas de las recomendaciones hechas por el PPI, correspondientes a: una evaluación socio-cultural, procedimientos de consulta, medidas de mitigación, monitoreo y compensación justa para todos los impactos adversos y principalmente, negociación y acuerdos en relación con los impactos.

Conclusión

Primero, respecto a la actual situación de sequía y el cambio climático y la consecuente escasez de agua que esto conlleva, cabe señalar que la falta de infraestructura para la administración de recursos hídricos es también un factor que acrecienta el problema de la escasez.

En ese contexto, resulta importante el plan de 26 nuevos embalses que ha estado impulsando desde hace varios años la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas de Chile.

El embalse Chironta corresponde a uno de los embalses recientemente construidos, uno de los cuales ha presentado algunos retrasos en su ejecución. En relación con eso, se estudió la planificación de construcción de la presa Chironta y se realizó una nueva propuesta para ella.

Respecto a los procesos y metodologías constructivas del proyecto de embalse Chironta, es importante notar que es una obra que involucra la realización de actividades masivas y también de otras que requieren un tratamiento especial. Dentro de las primeras se encuentran la explotación de yacimientos, la construcción de rellenos y la excavación del terreno de fundación. Dentro de las segundas se encuentran las obras de hormigón: el plinto y la pantalla de hormigón.

Los procesos y metodologías constructivas se encuentran suficientemente bien planteados en las especificaciones de construcción de esta obra. Sin embargo, del programa de construcción oficial del proyecto de embalse Chironta tiene algunos puntos que llaman la atención, entre ellos:

- No se detalla en el programa la excavación de yacimientos para producción de material.
- Excesiva duración de la actividad de construcción del plinto.
- Excesiva duración de las excavaciones en terreno de fundación.
- Excavaciones de terreno de fundación y construcción de rellenos de manera simultánea.

De estos puntos se concluye, por un lado, que el programa de construcción oficial de Chironta carece del nivel de detalle adecuado en el caso del primer punto, y por otro lado, que actividades de distintos procesos constructivos se realizaron de manera simultánea. Este es el caso del último punto, donde se evidencia que se realizaron algunas excavaciones del terreno de fundación al mismo tiempo que la construcción de rellenos. La ejecución simultánea de dos procesos constructivos como estos no es aconsejable, dado que se genera una interferencia

de construcción indeseable.

También, no se sabe con certeza la razón por la cual el plazo de las actividades del plinto y de las excavaciones de fundación son desmesuradas, pero podría deberse también a la interferencia de procesos constructivos.

Ahora, en relación a la planificación de construcción propuesta en el presente trabajo, se obtuvo un plazo total para la construcción de la presa de 491 días, considerando el uso de: 3 retroexcavadoras y 3 camiones tolva para la excavación de material de fundación; 1 bulldozer, 2 cargadores y 2 camiones tolva para las excavaciones de producción de materiales de yacimiento; 1 bulldozer, 1 motoniveladora, 4 camiones cisterna y 4 compactadores para la construcción de rellenos; y 5 camiones mixer para el transporte de hormigón de la pantalla.

Al comparar el listado de maquinaria expuesto en el Estudio de Impacto Ambiental, con el de la etapa de diseño y con el listado de maquinaria propuesta en este informe, se advierten diferencias tanto en el tipo de maquinaria, como en la cantidad. En específico, se observa que en el Estudio de Impacto Ambiental, más allá de la diferencia de cantidad, no se consideró el uso de algunas máquinas necesarias para la excavación y/o para la construcción de rellenos. Esto indiscutiblemente conduce a errores de una magnitud mayor en el cálculo de impactos ambientales del proyecto, realizados en el EIA.

En cuanto al contrato del proyecto, que fue adjudicado al Consorcio Besalco-Dragados por un monto de \$ 83 237 064 597 mediante la modalidad de precios unitarios, se advierten tres modificaciones contractuales que ha tenido a la fecha, reseñadas en el presente informe. En vista de los resultados finales expuestos en este trabajo, el proyecto no ha presentado consecuencias negativas graves, fuera del excesivo aplazamiento de su construcción. Si bien el aumento de costos de un 12 % se encuentra dentro del rango razonable, la postergación del uso del embalse implica una pérdida en beneficios sociales. En relación con esto, se destaca el hecho de que la última modificación de contrato incluyó la incorporación de una serie de obras extraordinarias, con el objetivo de permitir la operación del embalse previo al término de su construcción. Esto disminuiría en alguna medida el impacto negativo de los retrasos del proyecto.

Siguiendo esa línea, es importante mencionar que el aumento de plazo y de costos estudiados, corresponden a la información actualizada hasta la última modificación de contrato, la cual proyectaba el término de la obra para noviembre de 2021. Sin embargo, la información disponible en la página web del proyecto indica que a fecha del 31 de mayo de 2022, algunas actividades de la obra no se encontraban aún concluidas. Es más, a día de hoy, el proyecto aún no se encuentra finalizado, pero se estima que lo estará dentro de este año. Se sabe que a agosto de este año, el proyecto presentaba un avance del 96 %. En vista de todo lo anterior, el proyecto presenta en la práctica un retraso de más de un año y medio. Por tanto, lo más seguro es que se generen nuevas modificaciones del contrato más adelante.

En cuanto a las formas de contratación, la Dirección de Obras Hidráulicas ha usado las modalidades de obras concesionadas, como los embalses Punilla y Las Palmas, ambos en construcción actualmente; y contratación directa, como Valle Hermoso y Chironta. Para estas últimas ha optado por la modalidad a serie de precios unitarios, que permite tener la flexibilidad necesaria para asumir las cantidades reales de ejecución de las partidas de cons-

trucción, facilitando la administración y ejecución de los contratos de construcción, bajando notablemente los niveles de conflictos, diferencias o reclamaciones contractuales; cosa que queda demostrada en este caso, con las modificaciones de contratos vistas en el presente trabajo.

En relación con los temas ambientales, se concluye que se han abordado los aspectos normales y pertinentes del Estudio de Impacto Ambiental y sus determinadas mitigaciones, tales como: impactos en flora y fauna y hallazgos arqueológicos, impactos por ruido, polvo o a la calidad de las aguas, impacto en el tránsito vehicular y conectividad de las comunidades, entre otros.

Se observa además que en este caso sí se le ha dado la importancia necesaria a la participación ciudadana. Las consultas en su mayoría guardaban relación con los impactos negativos en el tránsito vehicular de la ruta A-15, en la calidad del aire y del agua, en el patrimonio arqueológico del sector y en la acumulación de sedimentos en el embalse. Todas las consultas en relación con el embalse fueron contestadas indicando el documento pertinente (adenda) en que se tratan sus respectivos impactos y medidas correctivas. Además, en muchas de estas respuestas se destacaba el cumplimiento de acuerdos previos hechos con las comunidades y que van en directo beneficio de ellas.

Según lo expuesto en la PPI (Política Operativa sobre Pueblos Indígenas), para un proyecto con salvaguardas en que es aplicable la PPI, las acciones recomendadas son: la realización de una evaluaciones de impacto socio-cultural, procedimientos de consulta para todos los impactos adversos, medidas de mitigación, monitoreo y compensación justa para todos los impactos adversos, negociación de buena fe para impactos adversos moderados y significativos y acuerdos para impactos adversos significativos. Se observa que estas acciones fueron abordadas por el proyecto de embalse Chironta.

Bibliografía

- [1] Roxana Alvarado y Francisca de la Vega. *Chile lidera la crisis hídrica en América Latina*. Ed. por Universidad de Chile. <https://www.uchile.cl/noticias/184816/dia-mundial-del-agua-chile-lidera-la-crisis-hidrica-en-america-latina>. 2022.
- [2] Eduardo Baeza. “Situación de los embalses en Chile”. En: (2022). URL: https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33370/1/Situacion_Embalses_2022.pdf.
- [3] Caterpillar, ed. *Equipos*. https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment.html. s/f.
- [4] Caterpillar, ed. *Física de Compactación, Equipo de Compactación de suelo*. 2016.
- [5] Caterpillar. *Guía de referencia rápida para aplicaciones de máquinas de minería*. 2005.
- [6] Caterpillar. *Manual de rendimiento*. 2000.
- [7] Embalse Chironta, ed. *Estatus de la obra*. https://embalsechironta.cl/status_obra.php. s/f.
- [8] *Contrato adjudicación Chironta*. Inf. téc. Ministerio de Obras Públicas y Dirección General de Obras Públicas, 2017.
- [9] Manoel Cruz, Paulo T., Materón, Bayardo, Feritas. *Concrete Face Rockfill Dams*. Leiden, The Netherlands: CRC Press/Balkema, 2010.
- [10] Braja M. Das. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. 2013, pág. 658. ISBN: 9781111576752.
- [11] Consorcio Besalco Dragados. *Presupuesto Desglosado Chironta*. Inf. téc. Ministerio de Obras Públicas y Dirección de Obras Hidráulicas, 2016.
- [12] Consorcio Besalco Dragados. *Programa Trabajo Gantt Chironta*. Inf. téc. Ministerio de Obras Públicas y Dirección de Obras Hidráulicas, 2016.
- [13] “El 60% de escasez de agua en Chile es causada por una mala gestión del recurso, aumento de demanda y el sobreotorgamiento de derechos”. En: (2019). URL: <https://escenarioshidricos.cl/eh-2030-en-la-prensa/escasez-de-agua-causada-por-mala-gestion/>.
- [14] “Escasez hídrica en Chile: Desafíos pendientes”. En: (2021). URL: https://chile.un.org/sites/default/files/2021-03/PB\%20Recursos\%20H\%C3\%ADdricos_FINAL_17\%20de\%20marzo.pdf.
- [15] Manuel E. Espinoza. *Ingeniería de Presas de Escollera*. Editorial Ex-Libris, Ediciones Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, 2010.
- [16] Tienda Melón Hormigones, ed. *Términos y Condiciones*. <https://tienda.melon.cl/terms-conditions>.

- [17] Herbmerma Arquitectura e Ingeniería, ed. *Rendimiento de maquinaria: Pala mecánica y Excavadora*. <https://hebmerma.com/carreteras/rendimiento-de-maquinaria-pala-mecanica-excavadora/>. 2016.
- [18] R&Q Ingeniería. *Estudio de Impacto Ambiental Chironta*. Inf. téc. Ministerio de Obras Públicas y Dirección de Obras Hidráulicas, 2012.
- [19] Cueva del Ingeniero Civil, ed. *Productividad de las Motoniveladoras*. <https://www.cuevadelcivil.com/2011/03/productividad-de-las-motoniveladoras.html>. 2011.
- [20] SMI Ingenieros. *Capítulo 1 Diseño Muro de Embalse Chironta*. Inf. téc. Ministerio de Obras Públicas y Dirección de Obras Hidráulicas, 2011.
- [21] SMI Ingenieros. *Especificaciones Técnicas Especiales de Chironta*. Inf. téc. Ministerio de Obras Públicas y Dirección de Obras Hidráulicas, 2015.
- [22] Julián Lazo. *Curso de capacitación para operación de Motoniveladoras Caterpillar*. Ed. por Ferreyros Distribuidor. <https://es.slideshare.net/juliobustinzal/curso-capacitacionoperacionmotoniveladorascaterpillar>. 2014.
- [23] Burt G Look. *Handbook of geotechnical investigation and design tables*. 2.^a ed. Londres, Inglaterra: CRC Press, 2017.
- [24] Claudio Meier V. “Informe final Estándares internacionales de sustentabilidad para la hidroelectricidad y posibilidades de implementación en Chile”. En: (2015).
- [25] Germán Melo. “Evaluación Económica para relocalización o instalación de una planta de Hormigón”. Tesis de mtría. Universidad de Chile, 2013.
- [26] *Modificación de contrato N° 1 Chironta*. Inf. téc. Ministerio de Obras Públicas y Dirección General de Obras Públicas, 2019.
- [27] *Modificación de contrato N° 2 Chironta*. Inf. téc. Ministerio de Obras Públicas y Dirección General de Obras Públicas, 2021.
- [28] *Modificación de contrato N° 3 Chironta*. Inf. téc. Ministerio de Obras Públicas y Dirección General de Obras Públicas, 2021.
- [29] *Norma Chilena 1934 Of. 92 - Hormigón preparado en central hormigonera*. Inf. téc. Instituto Nacional de Normalización Chile, 1992.
- [30] Frontera Norte, ed. *Construcción del embalse de Chironta avanza en un 96 % y entra en su fase final*. <https://www.fronteranorte.cl/2022/07/26/construccion-del-embalse-de-chironta-avanza-en-un-96-y-entra-en-su-fase-final/>. 2022.
- [31] Bernardo Páez. *El Movimiento de Tierras*. Ed. por Portal de Construcción Onda C. <https://portal.ondac.com/601/w3-article-65641.html>. 2016.
- [32] Robert L Peurifoy, Clifford J Schexnayder y Robert Schmitt. *Construction planning, equipment, and methods*. 9.^a ed. Columbus, OH, Estados Unidos de América: McGraw-Hill Education, 2018.
- [33] United States Bureau of Reclamation. *Design of small dams*. United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1977.
- [34] *Resolución de Calificación Ambiental Chironta, N° 036/2014*. Inf. téc. Comisión de Evaluación Región de Arica y Parinacota y Servicio de Evaluación Ambiental Región de Arica y Parinacota, 2014.
- [35] Hernán de Solminihaç y Guillermo Thenoux. *Procesos y técnicas de construcción*. 5.^a ed. Editorial ebooks Patagonia - Ediciones Universidad Católica de Chile, 2011.
- [36] Marcelo Villena. “Hacia Relaciones Contractuales Modernas en las Obras de Infraestructura de Uso Público”. En: (2015). URL: <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/35124-2.pdf>.

Anexos

Anexo A

Excavación de roca

Para la excavación de grandes cantidades de material que es demasiado duro como para ser extraído con maquinaria común, resulta en general más económico el uso de explosivos. Este proceso consta de dos etapas, las cuales se detallan a continuación.

A.1. Perforación

Con el objetivo de cargar explosivos en la roca de tronadura, se perforan pozos. Las perforadoras utilizan tres métodos para causar la fragmentación de la roca: (1) percusión, (2) rectificado rotatorio y (3) abrasión. Los taladros de percusión y rotativos son las principales herramientas de producción de los trabajos de construcción. Son muchos los factores que afectan la selección del equipo de perforación, entre ellos: la naturaleza del terreno, la profundidad requerida de los agujeros, la dureza de la roca, el grado de fractura de la formación rocosa, la disponibilidad de agua para las perforaciones, entre otras cosas.

Para los pozos poco profundos y pequeños, especialmente en terrenos accidentados donde los taladros más grandes no pueden operar, generalmente es necesario usar otro tipos de equipo, tales como taladros montados sobre orugas o incluso martillos neumáticos. Para pozos de hasta 6 pulgadas de diámetro y hasta aprox. 50 pies de profundidad, donde las máquinas pueden operar, la opción más adecuada son los taladros de percusión rotativos montados sobre orugas. Para pozos de 6 a 12 pulgadas de diámetro y de 50 a 300 pies de profundidad, la perforadora rotativa es generalmente la mejor opción.

El tipo de roca afecta el método de perforación y la selección del taladro. Si se desean núcleos de hasta 3 pulgadas, el taladro de perforación de diamante es adecuado. Para núcleos de tamaño mayor a este, las opciones serán taladros de diamante y de granalla. El primero, perforará más rápido y puede perforar agujeros en cualquier dirección, mientras que un taladro de granalla se limita a agujeros casi verticalmente hacia abajo.

En el caso de pozos que se van a cargar con explosivos, el diseño de voladura establece el patrón de perforación. El patrón es la distancia repetida entre los orificios de perforación en ambas direcciones, generalmente indicada como "Distancia de carga (B) \times Distancia de separación (S)"(figura A.1). Este patrón variará con el tipo de roca, el tamaño máximo

permitido de rotura de roca y la profundidad de la pared de roca volada. El diseño de la voladura y el patrón de perforación, a su vez, establecen el diámetro del pozo, la profundidad del pozo y el metraje lineal total de los requisitos de perforación.

Las operaciones de perforación para excavación de rocas donde el material se utilizará en un relleno de terraplén deben considerar las especificaciones del proyecto con respecto al tamaño físico máximo de las piezas individuales colocadas en el relleno. El diseño de voladura se desarrollará para producir rocas de tamaño lo suficientemente pequeño como para permitir que la excavadora manipule la mayor parte del material volado y también pase a la abertura de la trituradora sin voladuras secundarias.

La tasa de penetración de la perforación variará con varios factores, como el tipo de perforación y el tamaño de la barrena, la dureza¹, textura² (una roca de grano fino se perfora más lentamente), tenacidad³ y formación⁴ de la roca, la profundidad de los agujeros, el patrón de perforación, el terreno y el tiempo perdido debido a la secuenciación de otras operaciones.

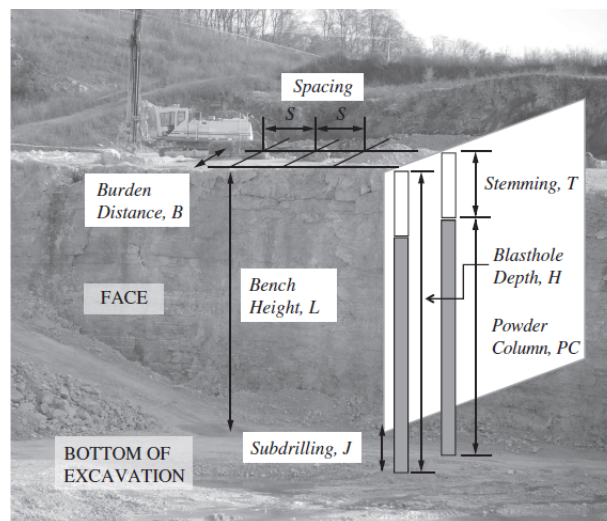


Figura A.1: Dimensiones en perforación. *Fuente:* Recuperado de “Construction Planning, Equipment, and Methods”, de Peurifoy R., Schexnayder C., Schmitt R. y Shapira A., 2018

Por otro lado, una vez hechas las perforaciones, debe retirarse el material cortado. Para esto existen varios métodos. Uno de ellos es unir un sinfín continuo al cabezal de perforación. La barrena se extiende desde el cabezal de perforación hasta por encima de la superficie del suelo. A medida que el eje de la perforadora y la barrena giran, la tierra es empujada a la parte superior del pozo, donde se retira y se desecha. En caso de requerir llegar a una mayor profundidad, se agregan secciones de barrena hasta alcanzar la profundidad deseada.

¹Es una medida de la resistencia de un material a la deformación plástica localizada. Muchas pruebas de dureza involucran hendiduras, y la dureza se informa como resistencia al rayado.

²Se refiere a la estructura del grano: grado de cristalinidad, tamaño y forma del grano y las relaciones geométricas entre los granos.

³Se refiere a la capacidad de una sustancia para resistir la rotura.

⁴La estructura del macizo rocoso

A.2. Tronadura

La tronadura rompe la roca mediante la detonación⁵ de un explosivo colocado en el macizo rocoso, ya sea de manera confinada o no confinada. Cuando se detonan explosivos, se liberan dos formas de energía: choque y gas. Una carga no confinada funciona mediante energía de choque, mientras que una carga confinada funciona principalmente mediante energía de gas.

Como ya se mencionó, el proceso de tronadura requiere del uso de explosivos y también requieren el uso de detonantes. Los distintos tipos de estos productos se detallan brevemente a continuación.

Explosivos comerciales

Los explosivos comerciales son compuestos que detonan al recibir un estímulo de iniciación adecuado. Existen los explosivos altos y bajos. Los primeros, contienen al menos un ingrediente altamente explosivo, mientras que los segundos, no contienen ingredientes que por sí mismos no puedan explotar.

- **Dinamita:** Este explosivo está hecho en base a nitroglicerina. Es el más sensible del mercado. Sin embargo, la dinamita extra de alta densidad, hecha de nitroglicerina y una pequeña parte de nitrato de amonio, es menos sensible a los golpes que la pura, por lo que es el producto más utilizado en construcción.
- **Lechadas:** Este explosivo está hecho de nitrato de amonio, calcio o sodio, un sensibilizador de combustible y una cantidad variable de agua. En condiciones húmedas son muy competitivos con ANFO, dado que éste último es sensible al agua y debe protegerse de ella.

Una ventaja de las lechadas es que pueden transportarse los ingredientes separados a la obra y mezclarse in situ, en seguida antes de cargar los pozos de tronadura.

Existen dos tipos de lechadas: geles de agua y emulsiones. Los geles de agua son una mezcla explosiva de sales oxidantes, combustibles y sensibilizadores como aire, partículas de aluminio o nitrocelulosa. Los geles de agua se vuelven resistentes al agua por la reticulación de gomas o ceras. Las emulsiones, en cambio, son una mezcla explosiva de sales oxidantes y combustibles, pero sin sensibilizadores químicos. Se hacen resistentes al agua mediante un agente emulsionante.

Las emulsiones tienen una velocidad de detonación más alta que los geles de agua, pero algunas de ellas pueden provocar problemas durante la carga, por humedecerse y adherirse al barreno.

- **ANFO:** Este explosivo es una mezcla de nitrato de amonio de grado industrial granulado y 5,2% de combustible diesel N°2. El ANFO fluye libremente, por lo que puede inyectarse desde camiones directamente en las perforaciones o descargarse manualmente desde cubos. El llenado de las perforaciones se monitorea visualmente a medida que el ANFO fluye desde una manguera flexible.

El ANFO no es resistente al agua. Si se encuentra en presencia de agua, la detonación del explosivo será marginal.

⁵Proceso físico-químico mediante el cual el explosivo experimenta una reacción química muy violenta que lo descompone en gases a alta presión y temperatura, con una gran liberación de calor.

Sistemas iniciadores

Se denominan así a los dispositivos que se utilizan para iniciar una detonación. Un sistema de iniciación es una combinación de explosivos y accesorios diseñados para iniciar una explosión a una distancia segura, mediante la transmisión de señales eléctricas o no eléctricas. Todos los efectos de la explosión están controlados por la secuencia de disparo de las perforaciones, la cual está regulada por el sistema de iniciación.

- **Detonantes eléctricos:** Son los iniciadores más utilizados. Estos detonadores pasan una corriente eléctrica, a través de un puente de alambre, provocando una explosión. La corriente calienta el alambre y enciende un compuesto sensible al calor, el que a su vez, desencadena un cebador que dispara una carga en el detonador. La detonación provoca que se dispare el explosivo.

Existen detonadores eléctricos de distintos tipos: instantáneos, de retardado con periodo corto o con periodo largo, de retardo electrónico o sísmico.

- **Detonantes no eléctricos:** Estos detonadores son tubos cilíndricos de metal delgado, abiertos en un extremo donde se inserta un fusil de seguridad. El tubo contiene dos capas con explosivos. La capa inferior es un explosivo alto insensible y la superior es un explosivo sensible. El polvo de ignición asegura que la llama se recoja del fusible de seguridad. Actualmente, estos detonantes, son de tipo retardado.
- **Secuencia de iniciación:** Los detonadores eléctricos con milisegundos de retardo (usualmente de 25 a 650 milisegundos) se suelen utilizar en construcción. La secuenciación retardada vuelve más eficiente el proceso de tronaduras, puede minimizar la vibración del suelo, la explosión de aire y las rocas volantes, al desorientar la propagación de las ondas, además de aumentar la fragmentación de las rocas.

Los detonadores eléctricos con periodo largo de retardo (pueden llegar hasta 8 segundos) se utilizan principalmente en excavación de túneles, pozos y minería subterránea.

- **Cordón detonante - Primacord (no eléctrico):** Es un cordón flexible insensible a golpes o fricciones comunes, compuesto por un núcleo central de alto explosivo (generalmente PETN), revestido con fibras textiles y cubierto con una funda impermeable. Se utiliza para detonar explosivos sensibles al casquete.

Fragmentación de rocas

La fragmentación de las rocas una vez terminada la tronadura, se ve afectada por muchos factores, como por ejemplo: propiedades de la roca, geología del sitio, contenido de humedad y diseño de la tronadura. La fragmentación de las rocas es importante, debido a que tiene directa incidencia en los costos de los procesos de perforación y tronadura y del movimiento de tierras y eventual procesamiento del material excavado.

Anexo B

Características presa Pichi Picún Leufu

La presa Pichi Picún Leufu, construida en el Río Limay, a 230 km hacia aguas arriba de la ciudad de Neuquén, Argentina; tiene una altura de 60 m y es de tipo CFRD (Concrete Face Rockfill Dam). A continuación, en la figura B.1, se muestran las dimensiones de esta presa.

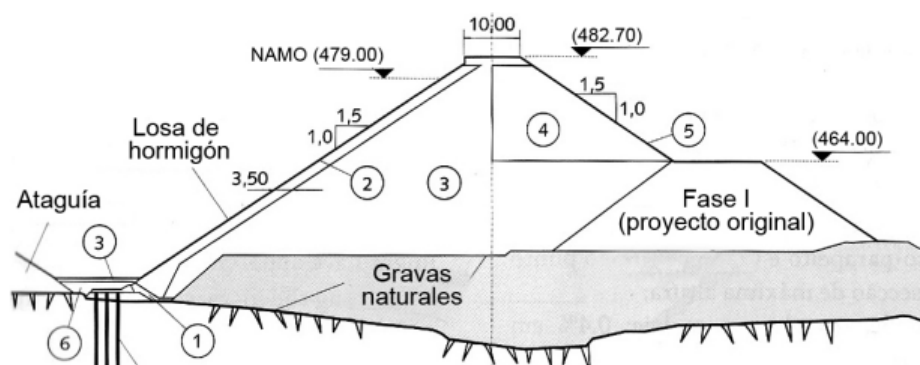


Figura B.1: Presa Picún Leufú. Fuente: Recuperado de “Ingeniería de Presas de Escollera”, de Manuel E. Espinoza, 2010, p. 325.

Ahora, en la tabla B.1 se presentan algunas especificaciones sobre la compactación de las zonas de la presa Pichi Picún Leufu.

Tabla B.1: Especificaciones para colocación y compactación de material en la Presa Pichi Picún Leufu

Material	Descripción	Zona	Colocación	Compactación
1	Filtro fino	2A	Capas de 0,20 m	Compactación manual
2	Transición procesada	2B	Capas de 0,30 m	6 pasadas vibrorrodillo 10 t
3	Gravas naturales	3B	Capas de 0,60 m	6 pasadas vibrorrodillo 10 t
4	Gravas naturales	3C	Capas de 1,20 m	6 pasadas vibrorrodillo 10 t
5	Protección de talud	4	Escollera gruesa	Equipo de construcción
6	Limo	-	Capas de 0,20 m	Equipo de construcción

Fuente: Recuperado de “Ingeniería de Presas de Escollera”, de Manuel E. Espinoza, 2010, p. 325.

Anexo C

Bandas granulométricas rellenos

Tabla C.1: Bandas granulométricas especificadas para materiales de relleno

Tamaño malla		% Que pasa				
[pulg]	[mm]	Tmin 2B	Tmáx 2B	Tmin 3B-3C	Tmáx 3B	Tmáx 3B
30	762,0					100
24	609,6				100	85
13	330,2				70	50
12	308,4				65	48
11	279,4				60	45
10	254,0				55	43
9	228,6				50	40
8	203,2				45	38
7	177,8				40	35
6	152,4			100	37	30
5	127,0			98	33	28
4	101,6			91	27	25
3	76,2	100	100	83	24	20
2,5	63,5	98	78	82	21	18
2	50,8	96	63	79	17	15
1,5	38,1	94	54	73	15	13
1	25,4	79	42	64	13	11
$\frac{3}{4}$	19,1	71	36	56	12	10
$\frac{1}{2}$	12,7	63	29	47	10	9
$\frac{3}{8}$	9,52	57	24	44	8	7
M #4	4,76	47	19	35	7	6
M #10	2,0	31	14	23	5	4
M #40	0,42	15	3	10	2	0
M #200	0,074	8	0	6	0	0

Fuente: Recuperado de "Diseño Embalse Chironta, Informe Final, Especificaciones Técnicas Especiales", de SMI Ingenieros, 2015

Anexo D

Fragmentos de modificaciones de contrato

D.1. Modificación de contrato N°1

Según la Modificación de contrato N°1 del proyecto “Construcción Embalse Chironta, Valle de Lluta, XV Región de Arica y Parinacota” [26], las razones de la solicitud son las siguientes:

“Considerando:

- Que, atendido a las reales condiciones del terreno, durante la ejecución del contrato, se detectó la necesidad de ejecutar por una parte modificaciones (aumento y disminuciones) de las cantidades de obra de algunas partidas, sobre las cantidades originalmente contratadas y por otra parte, incorporar obras extraordinarias, para el buen término del proyecto, según da cuenta el Informe Técnico de la Inspección Fiscal del Contrato, de fecha septiembre de 2019.
- Que adicionalmente fue necesario realizar modificaciones y adecuaciones al proyecto original, debidamente aprobados por el Departamento de Proyectos de Riego, necesarios para el buen término de la obra.

La presente modificación de contrato incorpora las obras necesarias que se deben materializar en la construcción del embalse Chironta y las obras contempladas en la Orden de Ejecución Inmediata N°1 de fecha octubre de 2018, la cual incorporaba obras necesarias a ejecutar antes de la llegada del invierno altiplánico 2018 -2019. Incorpora además la nueva ataguía, de acuerdo al cambio de materialidad de sus rellenos; cambios en la protección de taludes en la piscina de sedimentación; mayores obras y obras adicionales producto de la calidad de la roca, cuya geología fue de menor calidad a la estimada en el proyecto; obras adicionales para realizar el proceso de flushing comprometido en la RCA, todo debidamente aprobado por el Departamento de Proyectos de la DOH. Asimismo se incorporan medidas ambientales no consideradas en la línea base y ajustes de cubicaciones conforme a las cantidades reales ejecutadas, lo anterior se resume en lo siguiente:

- Se incluye los aumentos de obras del terraplén en el camino de acceso, toda vez que se

debe peraltar la rasante en algunos sectores. Se incluye las obras de protección del badén ubicado en el sector Arancha. Se incluye además la colocación de tuberías adicionales para aumentar capacidad del badén conforme al caudal de porteo que habitualmente escurre en crecidas por el río Lluta durante el invierno altiplánico. Se incluyen aumentos en las excavaciones en material común (TCN) en el evacuador de crecidas, fundación de la ataguía, portal de entrada y caminos eje 1,2 y 3, y se incluye los hormigones de reposición en los plintos.

- Obras de sostenimiento y obras civiles en el túnel necesarias para el desvío del río compatibles con las adecuaciones indicadas por el Departamento de Proyectos, tanto al sector de la caverna como en el túnel de entrada. Lo anterior para dar cumplimiento a lo establecido en la RCA respecto del proceso de flushing.
- Sostenimientos adicionales y mayores obras producto de la calidad de la roca encontrada al momento de ejecutar las excavaciones, tanto en el exterior como en el túnel mismo, todo respaldado con informes geológicos de la AIF en el que se define el tipo de sostenimiento conforme se avanza la obra.
- Se precisa la ejecución de obras extraordinarias, para disposición de enrocados en las defensas fluviales, con el fin de que disminuyan la probabilidad de daños al camino de acceso a la obra (eje 1). Se incluye además la misma protección de enrocado para el badén de Arancha, pero consolidado con hormigón H-15. También se incluye el cambio de materialidad en los rellenos de la ataguía, modificación aprobada por ORD. DOH N°4908 de fecha 13 de septiembre 2018 del Departamento de Proyectos, el cual se acompaña. Se incluye además medidas de protección a las obras como espigones para evitar se repitan los daños ocurridos en el pasado invierno altiplánico.

Para el desarrollo y ejecución del camino de acceso al embalse, denominado eje 1, se hace necesario por una parte efectuar las protecciones antes señalada y por otra, efectuar los ajustes de cubicaciones de acuerdo a las reales condiciones del terreno, luego de ocurridas al menos seis crecidas estivales (invierno altiplánico), que cambiaron abruptamente la morfología y topografía base utilizada para el proyecto aprobado en el año 2012. De la misma manera se incluyen las adecuaciones necesarias para materializar los cambios de trazado en el sector de Arancha y en las instalaciones de faenas definitivas del contrato en el sector de Vilacollo.

Se suma la incorporación de las cantidades de obras necesarias para materializar el nuevo diseño de la ataguía, de acuerdo a las reales condiciones del terreno. Además se incluyen las excavaciones en material común tanto en el vertedero como en la huella de borde al embalse cuyas cantidades están subevaluadas en el presupuesto por considerarla originalmente como excavación en roca.

Finalmente se incluye un aumento del volumen de hormigón de reposición en el plinto y anclajes, dado que para realizar las excavaciones de acuerdo al trazado del proyecto, se obliga el paso por varias quebradas mayores o no identificadas en el proyecto original.”

D.2. Modificación de contrato N°2

Según la Modificación de contrato N°2 del proyecto “Construcción Embalse Chironta, Valle de Lluta, XV Región de Arica y Parinacota” [27], las razones de la solicitud son las siguientes:

“Considerando:

- Que atendido a las reales condiciones del terreno detectadas, durante la ejecución de las obras, se constató la necesidad de ejecutar modificaciones al contrato consistentes por una parte, en aumentos y disminuciones de las cantidades de obra de algunas partidas, sobre las cantidades originalmente contratadas y vigentes y, por otra parte, incorporar obras extraordinarias resultantes de adecuaciones del proyecto original, validadas por el Departamento de Proyectos de Riego y aprobadas mediante OEI N°2 de junio de 2020, todo ello necesario para el buen término de la obra, según da cuenta el Informe Técnico de la Inspección Fiscal del Contrato, de fecha noviembre de 2020.

La presente modificación de contrato incorpora las obras necesarias que se deben materializar, a fin de llevar a un mejor término la obra contratada, en la construcción del embalse Chironta y las obras contempladas en la Orden de Ejecución Inmediata N°2 de fecha junio de 2020; la cual incluye obras necesarias y urgentes a ejecutar antes de la llegada del invierno altiplánico 2020-2021, con el propósito de que las obras no se vean afectadas y dañadas producto de dichos eventos.

En efecto, incorpora como obra extraordinaria la excavación bajo la línea de roca teórica en el plinto valle, el hormigón de reposición y los rellenos necesarios para fundar el plinto sobre roca, protecciones al camino de acceso a la presa, obras aguas arriba de la presa para mitigar el arrastre de fondo durante la construcción y la operación del flushing, obras para colectar las aguas del desagüe de fondo y la entrega a riego en la salida del túnel de desviación, adaptación del diseño a las condiciones reales de terreno de los muros del evacuador de crecidas por falta de apoyo en roca, inclusión de rellenos compactados tipo 3C en el camino de borde (Eje 2) para continuar con la vía aguas arriba de la cola del embalse conectando el camino de borde con el lecho del río, incorporación de anclajes en la caverna de válvulas, incorporación y modificación de elementos en los equipos mecánicos necesarios no contemplados en el proyecto, incorporación de una ampliación del badén Arancha conformado por una batería de contenedores de cruce en el río Lluta para aumentar el área de porteo inferior, incorporación de plan de rescate arqueológico producto del hallazgo no previsto del sitio Chironta - 37.

En los valores proforma, se dividen los trabajos considerados en el ítem 20.3 «Convenio con el INIA» en dos convenios, generando un ahorro para el Fisco respecto de la cotización inicial de los trabajos con el INIA, para tal efecto se incorpora un convenio por los ensayos de viverización y forestación con la Universidad de Tarapacá y se mantienen las actividades relacionadas con el banco de germoplasma de *Myrica pavonis* (Pacama) con el INIA, ambas actividades relacionadas con el plan de compensación de *Myrica Pivonis* (Pacama).

En cuanto a las partidas a serie de precios unitarios, se consideran en esta modificación ajustes a las cubicaciones vigentes por cambios en las condiciones del terreno, mejoras u omisiones del proyecto y/o por determinación de las cubicaciones realmente ejecutadas para la correcta ejecución de las obras y necesarias en las partidas de: excavaciones abiertas y rellenos de la presa, excavaciones subterráneas, obras de refuerzo y sostenimiento, hormigones de pantalla impermeable, plinto, radieres túnel, hormigón extruido y evacuador de crecidas, aceros y anclajes, manejo y seguimiento ambiental conforme a lo establecido en la RCA 036/2014 y extensión del plazo del contrato, camino de acceso al embalse (ejes 1y 3), camino

de borde embalse (eje 2) y piscina de sedimentación. Asimismo, se ajustan cubicaciones de las partidas extraordinarias correspondientes a la Modificación de Contrato N° 1, tales como, protección de taludes, nuevo proyecto de la ataguía, badén camino y espigones, piscina de sedimentación.”

D.3. Modificación de contrato N°3

Según la Modificación de contrato N°3 del proyecto “Construcción Embalse Chironta, Valle de Lluta, XV Región de Arica y Parinacota” [28], las razones de la solicitud son las siguientes:

“Considerando:

- Que atendido a las reales condiciones del terreno detectadas, durante la ejecución de las obras, se constató la necesidad de ejecutar modificaciones al contrato consistentes por una parte, en aumentos y disminuciones de las cantidades de obra de algunas partidas, sobre las cantidades originalmente contratadas y vigentes y, por otra parte, incorporar obras extraordinarias resultantes de adecuaciones del proyecto original, todo ello necesario para el buen término de la obra, según da cuenta el Informe Técnico de la Inspección Fiscal del Contrato, de fecha julio de 2021.

La presente modificación de contrato incorpora entre otras, las obras necesarias que se deben materializar para dar inicio a la operación de las válvulas del embalse considerada dentro del ítem 13.24 «Operación del sistema integral del embalse». Con lo anterior, se logrará poner en operación la obra, de manera previa a su terminación, para lo cual es imperativo modificar el contrato, considerando la incorporación de las obras extraordinarias, aumentos y disminuciones de obras que da cuenta el presente convenio.

Cabe señalar que la puesta en marcha u operación provisoria el embalse antes de la fecha de término contractual, permite llevar a un buen término el proyecto, toda vez que dicha operación para este tipo de obras hidráulicas, dada su complejidad técnica, implica que en la práctica, se podrán poner en operación y uso todos los equipos eléctricos, electromecánicos, mecánicos, sistemas de monitoreo y control, sistemas de entregas a riego, entre otros, que conforman el sistema de riego, durante la etapa de construcción, lo cual genera también la ventaja de tener presente al contratista para realizar ajustes o cambios de piezas si fuera el caso, durante la misma fase constructiva, situación que después de terminada la obra se hace mucho mas dificultosa. Cabe tener presente, que para la operación es necesario tener terminada toda la instalación eléctrica del embalse, su fuente de alimentación que es la planta fotovoltaica y las obras de entrega que están contenidas en la casa de válvula de donde se realizarán las maniobras de pruebas de funcionamiento y restitución del caudal al lecho del río.

Todo lo anterior permitirá también, que el sistema integral del embalse se encuentre operativo y en funcionamiento, para los eventos que pudieren devenir con ocasión la eventual ocurrencia del fenómeno climático denominado «invierno Altiplánico», al cual está expuesta la zona de emplazamiento del embalse mayoritariamente entre los meses de diciembre y marzo de cada año, correspondientes al verano austral.

Por otra parte, el presente convenio comprende también, la incorporación de obras extraordinarias asociadas con el badén Arancha que constituye la única vía de cruce y acceso al embalse Chironta, ya que permite el tránsito entre ambas laderas del valle al término de la ruta A-15 y al inicio del camino eje 1. Estas obras extraordinarias consisten en la incorporación de cajones prefabricados en el badén Arancha, lo cual permitirá por una parte, asegurar la conectividad durante la etapa de operación del embalse y el tránsito de todo tipo de vehículos e incluso de maquinaria, ya que se contará con un badén estructuralmente más fuerte y, por otra parte, debido a la capacidad de conducción del badén, se contará con un mayor caudal de porteo, toda vez que se contará con un badén de mayor capacidad hidráulica a fin de evitar el embancamiento de la estructura y aquello permitirá mantener el acceso vial permanente a las instalaciones del embalse.

Se comprende también, en la presente modificación, la incorporación de obras necesarias para la construcción del puente Palmani, proyectándose la ejecución de un puente colgante con tablero metálico, como la solución más conveniente desde el punto de vista técnico, económico y de oportunidad en su ejecución, para dar solución al cruce de la quebrada Palmani, infraestructura que permitirá, por una parte, dar continuidad a la huella de borde del embalse, manteniendo el tránsito peatonal y de vehículos livianos, a través del valle de Chironta, según lo comprometido en la RCA del proyecto y, por otra parte, permitirá al Servicio la continuidad hacia la cola del embalse, proporcionando acceso hasta el canal de aforo de aguas arriba de la presa, que es aquel que registra los caudales pasantes por la sección de aforo, información relevante para la operación de la obra.”

Anexo E

Variaciones de obra en modificaciones de contrato proyecto Chironta

E.1. Variaciones de obra en modificación de contrato N°1

Aumentos de obras menores o iguales al 30 %

Tabla E.1: Aumentos de obras menores o iguales al 30 %, modificación de contrato N°1

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
3	EXCAVACIONES ABIERTAS				
3.1	Excavación en material común				
3.1.3	En evacuador de crecidas	m ³	28 920	5313	153 651 960
3.1.4	En fundaciones ataguía	m ³	3000	4013	12 039 000
3.1.5	En portales de túnel de desvío	m ³	300	5349	1 604 700
5	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA				
5.1	De túnel de desvío	m ³	2572	64 057	164 754 604
5.2	Caverna de válvulas	m ³	1168,5	65 621	76 678 139
6	OBRAS DE REFUERZO Y SOSTENIMIENTOS DE EXCAVACIONES Y ESTRUCTURAS				
6.1	En excavaciones abiertas				
6.1.4	Malla para estabilidad taludes definitivos	m ²	4989	9971	49 745 319
6.3	En excavaciones subterráneas (detrás del frente)				
6.3.1 a)	Hormigón proyectado (c/fibra) 1ra capa (2,5 cm)	m ²	1301	30 804	40 076 004
6.3.1 b)	Hormigón proyectado (c/fibra) 2da capa y siguientes (2,5 cm)	m ²	1959	21 578	42 271 302
6.3.2	Pernos de roca f 25, L=4,2 m en roca	un	300	89 513	26 853 900

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
6.4	Marcos reticulados (sostenimiento tipo 4)				
6.4.2	Hormigón proyectado (c/fibra)				
6.4.2 a)	Hormigón proyectado (c/fibra) 1ra capa (5 cm)	m ²	80	59 093	4 727 440
6.4.2 b)	Hormigón proyectado (c/fibra) 2da capa y siguientes (5 cm)	m ²	358	31 386	11 236 188
6.4.4	Malla de alambre electro soldada acma C-139	m ²	150	13 791	2 068 650
8	HORMIGÓN				
8.2	Hormigón H-25 (reposición del plinto)	m ³	744	201 166	149 667 504
8.3.4	Portales túnel de desvío y torre de captación	m ³	148,2	314 616	46 626 091
8.3.6	Cavernas, tapones y losetas y Ducto By Pass	m ³	332	286 534	95 129 288
8.3.7	Dado tuberías de entrega	m ³	219	217 477	47 627 463
8.3.8	Muro divisorio túnel de acceso a caverna	m ³	112,5	448 423	50 447 588
8.3.9	Radieres túnel	m ³	270	215 154	58 091 580
8.3.11	Evacuador de crecidas	m ³	544	240 676	130 927 744
9	ACERO Y ANCLAJES				
9.2	Barras de anclaje (A63-42H)				
9.2.1	f 25, L=4,2 m en roca	un	252	68 958	17 377 416
9.2.2	f 25, L=4,8 m en roca	un	8	93 847	750 776
9.2.3	f 25, L=4,8 m	un	190	80 943	15 379 170
14	MANEJO Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL				
14.1.18	Delimitación con malla caminera de áreas de restricción	m	600	13 503	8 101 800
15	PUENTE SOBRE VERTEDERO				
	2. SUPERESTRUCTURA				
507-1	Suministro y transporte de vigas metálicas y arrostramientos	kg	5250	1814	9 523 500
16	CAMINO DE ACCESO AL EMBALSE (EJE 1 Y 3)				
5.100	PREPARACIÓN DE ÁREA DE TRABAJO				
102-1	Despeje y limpieza de la faja	km	1,481	1 284 129	1 901 795
5.200	MOVIMIENTO DE TIERRA				
201-3	Excavación de corte en T.C.N.	m ³	12 000	2353	28 236 000
204-4	Geotextil para control de erosión	m ²	2835	1948	5 522 580
205-1	Formación y compactación de terraplenes	m ³	51 118	5635	288 049 930
208-1	Obras de encauzamiento del río	km	0,8	31 368 767	25 095 014

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
5.600	DRENAJE DE PROTECCIÓN DE LA PLATAFORMA				
602-1D	Tubos circulares de metal corrugado $\phi=1,8$ m	m	34	370 969	12 612 946
17	CAMINO BORDE EMBALSE				
201-3	Excavación de corte en T.C.N.	m ³	3000	2353	7 059 000
19	PISCINA DE SEDIMENTACIÓN				
19.1	Rellenos permeables Tipo 3C	m ³	4950	5045	24 972 750
				Total neto	1 608 807 140
				19 % IVA	305 673 357
				Total	1 914 480 496

Fuente: Modificación de contrato N°1 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Aumentos de obras mayores al 30 %

Tabla E.2: Aumentos de obras mayores al 30 %, modificación de contrato N°1

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
3	EXCAVACIONES ABIERTAS				
3.1	Excavación en material común				
3.1.3	En evacuador de crecidas	m ³	82 061	5313	435 990 093
3.1.4	En fundaciones ataguía	m ³	3000	4013	12 039 000
3.1.5	En portales de túnel de desvío	m ³	7300	5349	39 047 700
5	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA				
5.2	Caverna de válvulas	m ³	1343	65 621	88 129 003
6	OBRAS DE REFUERZO Y SOSTENIMIENTOS DE EXCAVACIONES Y ESTRUCTURAS				
6.1	En excavaciones abiertas				
6.1.4	Malla para estabilidad taludes definitivos	m ²	35 000	9971	348 985 000
6.4	Marcos reticulados (sostenimiento tipo 4)				
6.4.4	Malla de alambre electro soldada acma C-139	m ²	2310	13 791	31 857 210
8	HORMIGÓN				
8.2	Hormigón H-25 (reposición del plinto)	m ³	1256	201 166	252 664 496
8.3.4	Portales túnel de desvío y torre de captación	m ³	104,8	314 616	32 971 757
8.3.6	Cavernas, tapones y losetas y Ducto By Pass	m ³	2000	286 534	573 068 000
8.3.7	Dado tuberías de entrega	m ³	1400	217 477	304 467 800

Segue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
8.3.8	Muro divisorio túnel de acceso a caverna	m ³	963,5	448 423	432 055 561
14	MANEJO Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL				
14.1.18	Delimitación con malla caminera de áreas de restricción	m	2500	13 503	33 757 500
15	PUENTE SOBRE VERTEDERO				
	2. SUPERESTRUCTURA				
507-1	Suministro y transporte de vigas metálicas y arrostramientos	kg	15 250	1814	27 663 500
16	CAMINO DE ACCESO AL EMBALSE (EJE 1 Y 3)				
5.200	MOVIMIENTO DE TIERRA				
201-3	Excavación de corte en T.C.N.	m ³	63 000	2353	148 239 000
204-4	Geotextil para control de erosión	m ²	37 837	1934	73 176 758
205-1	Formación y compactación de terraplenes	m ³	78 882	5629	444 026 778
17	CAMINO BORDE EMBALSE				
201-3	Excavación de corte en T.C.N.	m ³	127 000	2353	298 831 000
19	PISCINA DE SEDIMENTACIÓN				
19.1	Rellenos permeables Tipo 3C	m ³	16 000	5045	80 720 000
				Total neto	3 657 690 155
				19 % IVA	694 961 130
				Total	4 352 651 285

Fuente: Modificación de contrato N°1 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Disminuciones de obras

Tabla E.3: Disminuciones de obras, modificación de contrato N°1

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
4.2	Rellenos ataguía	m ³	54 842	15 630	857 180 460
12.4	Compuerta plana deslizante tipo Bureau	un	2	172 659 718	345 319 436
17	CAMINO BORDE EMBALSE				
	5.200 MOVIMIENTOS DE TIERRAS				
201-4	Excavación de corte en roca	m ³	158 000	5609	886 222 000
				Total neto	2 088 721 896
				19 % IVA.	396 857 160
				Total	2 485 579 056

Fuente: Modificación de contrato N°1 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Obras extraordinarias

Tabla E.4: Obras extraordinarias, modificación de contrato N°1

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
21	PROTECCIÓN DE TALUDES				
21.1	Protección de taludes	m ³	27 023	56 661	1 531 150 203
22	"NUEVO PROYECTO ATAGUÍA "				
22.1	Relleno material fino, Cut-Off ataguía	m ³	950	15 630	14 848 500
22.2	Zona 3B Ataguía	m ³	81 606	8345	681 002 070
22.3	Zona 2A ataguía	m ³	3088	16 230	50 118 240
22.4	Zona 3D ataguía	m ³	1300	7279	9 462 700
22.5	Geomembrana HDPE e= 1,5 mm con geotextil 250 gr/m2 ataguía	m ²	5363	12 820	68 753 660
22.6	Barra de anclaje f 22, L=1,0 m en roca ataguía	un	40	16 419	656 760
22.7	Hormigón H-20 Ataguía	m ³	7,5	239 701	1 797 758
22.8	Acero A63-42H Ataguía	kg	385	1101	423 885
23	BADÉN, CAMINO Y ESPIGONES				
23.1	Rellenos de bolones	m ³	302	14 033	4 237 966
23.2	Protección de taludes - Badén	m ³	5393	56 661	305 572 773
23.3	Consolidación Hormigón H-15	m ³	2500	199 459	498 647 500
23.4	Cachorro bolones en encauzamiento	m ³	425	34 087	14 486 975
23.5	Excavación sector Badén	m ³	22 099	4577	101 147 123
23.6	Bocatomas comunidad	un	4	8 135 717	32 542 868
23.7	Transporte Adicional	m ³ /km	100 000	649	64 900 000
23.8	Relleno compactado tipo 3C	m ³	9000	5282	47 538 000
23.9	Murete de contención	ml	20	1 093 755	21 875 100
24	SOSTENIMIENTO ADICIONAL				
24.1	Pernos L= 2 m en roca (perforación manual)	un	1542	78 000	120 276 000
24.2	Malla gallinero	m ²	6700	6966	46 672 200
24.3	Barrera de contención banco 8	ml	46	554 045	25 486 070
25	TUNEL				
25.1	Anclajes a techo muro divisorio	un	313	39 344	12 314 672
25.2	Compuerta Bureau sección 1,20 x 1,0 m	un	2	473 657 620	947 315 240
26	PISCINA SEDIMENTACIÓN				
26.1	Excavaciones en TCN	m ³	10 000	4577	45 770 000
26.2	Colocación de Bolones >200 kg	m ³	8200	17 028	139 629 600
26.3	Consolidación Hormigón H-15	m ³	1513	199 459	301 781 467
27	MEDIO AMBIENTE				

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
27.1	Plan de rescate Arqueológico - Aumento de m2 sitio 18	m ²	1786	50 551	90 284 086
27.2	Registro de caracterización rasgos lineales zona de inundación	gl	1	20 749 824	20 749 824
27.3	Registro de caracterización rasgos lineales eje 4	gl	1	16 535 016	16 535 016
27.4	Informe situación del cóndor en el área de influencia del embalse	gl	1	1 742 661	1 742 661
				Total neto	5 217 718 917
				19 % IVA.	991 366 594
				Total	6 209 085 511

Fuente: Modificación de contrato N°1 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

E.2. Variaciones de obra en modificación de contrato N°2

Aumentos de obras menores o iguales al 30 %

Tabla E.5: Aumentos de obras menores o iguales al 30 %, modificación de contrato N°2

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
3	EXCAVACIONES ABIERTAS				
3.1	Excavación en material común				
3.1.1	En fundación de la presa				
3.1.1 a)	Zona A	m ³	12 070,8	5628	67 934 462
3.1.1 b)	Zona C y D	m ³	22 906,8	4577	104 844 424
4	RELLENOS DE LA PRESA				
4.1	Rellenos de la presa				
4.1.5	Zona 3C de la presa	m ³	229 624	5282	1 212 873 968
4.1.6	Zona 3D de la presa	m ³	48	7279	349 392
4.1.7	Enrocado zona 4 de la presa	m ³	378	5769	2 180 682
7	PERFORACIONES E INYECCIONES				
7.1	En túneles de desvío y caverna				
7.1.2 b)	Relleno clave	lt	1200	1523	1 827 600
8	HORMIGÓN				
8.3	Hormigón H-30				
8.3.1	Pantalla impermeable	m ³	654	250 842	164 050 668
8.4	Hormigón extruido	m ³	1116	155 273	173 284 668
11	INSTRUMENTACIÓN				
11.7	Punto de control topográfico (MC - Hito)	un	3	1 001 353	3 004 059
14	MANEJO Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL				

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
14.1	Manejo y seguimiento ambiental				
14.1.2	Camión aljibes para riego camino	mes	4	8 303 139	33 212 556
14.1.7	Plan de seguimiento: Modelación y monitoreo de PM10 y PM2,5	campana	2	9 585 556	19 171 112
14.1.11	Plan de seguimiento: Plan de monitoreo de ruido	campana	4	2 414 645	9 658 580
14.1.15	Plan de seguimiento de aguas y sedimentos	campana	1	2 793 128	2 793 128
14.1.23	Plan de seguimiento: Evaluación del prendimiento vegetal	campana	2	8 709 716	17 419 432
14.1.24	Plan de vigilancia humedal desembocadura Río Lluta vegetación terrestre	campana	2	17 702 675	35 405 350
14.1.27	Plan de seguimiento: Relocalización de la fauna terrestre	campana	4	6 797 827	27 191 308
14.1.32	Plan de seguimiento: Flora y fauna acuática	campana	1	8 851 337	8 851 337
14.1.43	Plan de seguimiento y monitoreo de sitios de excavación	sitio	2	15 578 354	31 156 708
16	CAMINO DE ACCESO AL EMBALSE (EJE 1 Y 3)				
5.300	CAPAS GRANULARES				
301-1	Carpeta granular	m ³	16	14 728	235 648
5.500	PUNTES Y ESTRUCTURAS				
501-6	Hormigón H-30	m ³	42	303 566	12 749 772
				Total neto	1 928 194 854
				19 % IVA	366 357 022
				Total	2 294 551 876

Fuente: Modificación de contrato N°2 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Aumentos de obras mayores al 30 %

Tabla E.6: Aumentos de obras mayores al 30 %, modificación de contrato N°2

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
3	EXCAVACIONES ABIERTAS				
3.1	Excavación en material común				
3.1.1	En fundación de la presa				
3.1.1 a)	Zona A	m ³	291,6	5628	1 641 125
3.1.1 b)	Zona C y D	m ³	1602,2	4577	7 333 269
3.1.4	En fundaciones ataguía	m ³	1806	4013	7 247 478
4	RELLENOS DE LA PRESA				
4.1	Rellenos de la presa				

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
4.1.7	Enrocado zona 4 de la presa	m ³	4506	5769	25 995 114
6	OBRAS DE REFUERZO Y SOSTENIMIENTOS DE EXCAVACIONES Y ESTRUCTURAS				
6.1	En excavaciones abiertas				
6.1.4	Malla para estabilidad taludes definitivos	m ²	15 000	9971	149 565 000
7	PERFORACIONES E INYECCIONES				
7.1	En túneles de desvío y caverna				
7.1.2 b)	Relleno clave	lt	2001	1523	3 047 523
9	ACERO Y ANCLAJES				
9.2	Barras de anclaje (A63-42H)				
9.2.1	f 25, L=4,2 m en roca	un	586	68 958	40 409 388
14	MANEJO Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL				
14.1	Manejo y seguimiento ambiental				
14.1.24	Plan de vigilancia humedal desembocadura Río Lluta vegetación terrestre	campana	1	17 702 675	17 702 675
14.1.27	Plan de seguimiento: Relocalización de la fauna terrestre	campana	12	6 797 827	81 573 924
17	CAMINO BORDE EMBALSE				
5.200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
201-3	Excavación de corte en T.C.N.	m ³	14 803	2353	34 831 459
				Total neto	369 346 955
				19 % IVA	70 175 921
				Total	439 522 877

Fuente: Modificación de contrato N°2 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Disminuciones de obras

Tabla E.7: Disminuciones de obras, modificación de contrato N°2

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
3	EXCAVACIONES ABIERTAS				
3.1	Excavación en material común				
3.1.1	En fundación de la presa				
3.1.3	En evacuador de crecidas	m ³	16 384	5313	87 048 192
3.2	Excavación abiertas en roca				
3.2.3	En evacuador de crecidas	m ³	78 615	6958	547 003 170
4	RELLENOS DE LA PRESA				
4.1	Rellenos de la presa				
4.1.2	Zona 2A de la presa	m ³	446	16 228	7 237 688

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
4.1.3	Zona 2B de la presa	m ³	974	13 101	12 760 374
4.1.4	Zona 3B de la presa	m ³	98 768	6 739	665 597 552
4.3	Rellenos estructurales	m ³	147,6	20 489	3 024 176
5	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA				
5.1	De túnel de desvío	m ³	4	64 057	256 228
5.2	Caverna de válvulas	m ³	41,2	65 621	2 703 585
5.3	Obras subterráneas complementarias				
5.3.1	Sobreexcavaciones autorizadas por la ITO	m ³	100	39 260	3 926 000
5.3.2 a)	Rellenos autorizados por la ITO con hormigón H-5	m ³	990	148 393	146 909 070
5.3.3	Extracción de derrumbes	m ³	100	9 019	901 900
6	OBRAS DE REFUERZO Y SOSTENIMIENTOS DE EXCAVACIONES Y ESTRUCTURAS				
6.2	En excavaciones subterráneas (en el frente)				
6.2.2	Pernos de roca f 25, L=4,2 m en roca	un	806	89 513	72 147 478
6.4	Marcos reticulados (sostenimiento tipo 4)				
6.4.1	Suministro y colocación				
6.4.1 b)	Colocación	c/u	31	1 270 859	39 396 629
8	HORMIGÓN				
8.3	Hormigón H-30				
8.3.2	Plinto	m ³	512	299 130	153 154 560
8.3.9	Radieres túnel	m ³	1,09	215 154	234 518
12	EQUIPOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS				
12.10	Blindaje interior túneles				
12.10.1	f 1600 mm para entrega a riego	kg	2858	3443	9 840 094
14	MANEJO Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL				
14.1	Manejo y seguimiento ambiental				
14.1.5	Información a la comunidad de actividades molestas	evento	6	607 896	3 647 376
14.1.8	Barreras acústicas temporales	ml	1000	98 389	98 389 000
14.1.16	Plan de vigilancia humedal desembocadura Río Lluta componente	campana	1	2 607 250	2 607 250
14.1.28	Plan de vigilancia humedal desembocadura Río Lluta fauna terrestre	campana	1	10 196 741	10 196 741
14.1.34	Plan de vigilancia humedal desembocadura Río Lluta fauna acuática	campana	1	12 993 763	12 993 763

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\\$]	TOTAL [\\$]
16	CAMINO DE ACCESO AL EMBALSE (EJE 1 Y 3)				
5.100	PREPARACIÓN DE ÁREA DE TRABAJO				
102-1	Despeje y limpieza de la faja	km	1,181	1 284 129	1 516 556
5.200	MOVIMIENTO DE TIERRA				
201-4	Excavación de corte en roca	m ³	30 818	6643	204 723 974
207-4	Gaviones de protección	m ³	10 800	86 029	929 113 200
207-8	Escolleras de protección	m ³	41 934	14 033	588 459 822
5.500	PUENTES Y ESTRUCTURAS				
501-4	Hormigón H-20	m ³	153	239 698	36 673 794
508-1	Mampostería de piedra	m ³	1319	70 809	93 397 071
508-1(2)	Mampostería de piedra (o.a. n°1)	m ³	380	205 806	78 206 280
17	CAMINO DE BORDE EMBALSE				
5.200	MOVIMIENTO DE TIERRA				
201-4	Excavación de corte en roca	m ³	446 472	5609	2 504 261 448
19	PISCINA DE SEDIMENTACIÓN				
19.1	Rellenos permeables tipo 3C	m ³	15 432	5045	77 854 440
19.2	Enrocados de protección	m ³	2010	12 459	25 042 590
19.3	Hormigón H-30	m ³	4593	226 684	1 041 159 612
19.4	Acero A63-42H	kg	347 550	1101	382 652 550
19.5	Material drenaje (grava T.M.2")	m ³	3300	26 808	88 466 400
19.6	Tubería drenaje fi=2"; L=1 m	un	375	6908	2 590 500
19.7	Geomembrana HDPE e=1,5 mm con geotextil 300 gr/m ²	m ²	2300	12 819	29 483 700
				Total neto	7 963 577 282
				19 % IVA.	1 513 079 684
				Total	9 476 656 965

Fuente: Modificación de contrato N°2 CO-ECHI-01 "Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota"

Obras extraordinarias

Tabla E.8: Aumento de obras extraordinarias, modificación de contrato N°2

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\\$]	TOTAL [\\$]
21	PROTECCIÓN DE TALUDES				
21.1	Protección de taludes	m ³	5990	56 661	339 399 390
22	"NUEVO PROYECTO ATAGUÍA"				
	"				
22.5	Geomembrana HDPE e= 1,5 mm con geotextil 250 gr/m ² ataguía	m ²	1061	12 820	13 602 020
22.6	Barra de anclaje f 22, L=1,0 m en roca ataguía	un	1	16 419	16 419

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
22.7	Hormigón H-20 Ataguía	m ³	1,44	239 701	345 169
22.8	Acero A - 63 - 42 H Ataguía	kg	237,8	1101	261 818
23	BADÉN, CAMINO Y ESPIGONES				
23.3	Consolidación Hormigón H-15	m ³	350	199 459	69 810 650
23.5	Excavación sector Badén	m ³	10 000	4577	45 770 000
23.8	Relleno compactado tipo 3C	m ³	7000	5282	36 974 000
26	PISCINA SEDIMENTACIÓN				
26.3	Consolidación Hormigón H-15	m ³	537,5	199 459	107 209 213
				Total neto	613 388 679
				19 % IVA.	116 543 849
				Total	729 932 528

Fuente: Modificación de contrato N°2 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Tabla E.9: Disminución de obras extraordinarias, modificación de contrato N°2

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
22	"NUEVO PROYECTO ATAGUÍA "				
22.2	Zona 3B Ataguía	m ³	7972	8345	66 526 340
22.3	Zona 2A ataguía	m ³	20	16 230	324 600
26	PISCINA SEDIMENTACIÓN				
26.1	Excavaciones en TCN	m ³	6856	4577	31 379 912
26.2	Colocación de Bolones >200 kg	m ³	800	17 028	13 622 400
				Total neto	111 853 252
				19 % IVA.	21 252 118
				Total	133 105 370

Fuente: Modificación de contrato N°2 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Tabla E.10: Obras extraordinarias nuevas, modificación de contrato N°2

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
28	OBRAS ADICIONALES DE PROTECCIÓN EN CAMINO				
28.1	Excavación de corte en TCN	m ³	45 000	2353	105 885 000
28.2	Relleno compactado tipo 3C	m ³	58 650	5282	309 789 300
28.3	Colocación de bolones >200 kg	m ³	25 000	17 028	425 700 000
28.4	Consolidación hormigón H-15	m ³	2100	199 459	418 863 900
28.5	Geotextil para control de erosión	m ²	50 000	1948	97 400 000
28.6	Excavación lecho de río con sobre-tamaño	m ³	10 500	3465	36 382 500

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
29	PRETIL Y ESPIGÓN DE PROTECCIÓN TÚNEL				
29.1	Rellenos permeables tipo 3C	m ³	30 000	5045	151 350 000
29.2	Excavaciones en TCN	m ³	15 000	4577	68 655 000
29.3	Colocación de bolones >200 kg	m ³	12 000	17 028	204 336 000
29.4	Consolidación hormigón H-15	m ³	3600	199 459	718 052 400
29.5	Hormigón H-30	m ³	154	226 684	34 909 336
29.6	Hormigón H-5 (emplantillados)	m ²	176	7568	1 331 968
29.7	Tubería T.H.D.P.E $\phi = 1200$	ml	320	414 234	132 554 880
30	OBRAS SALIDA TÚNEL DE DESVÍO				
30.1	Excavación en TCN	m ³	2000	5349	10 698 000
30.2	Hormigón H-5 (emplantillados)	m ²	60	7568	454 080
30.3	Hormigón H-25 reposición	m ³	500	201 166	100 583 000
30.4	Hormigón H-30	m ³	500	303 566	151 783 000
30.5	Acero para armaduras A63-42H	kg	53 188	1137	60 474 756
30.6	Colocación de bolones >200 kg	m ³	1800	17 028	30 650 400
30.7	Consolidación hormigón H-15	m ³	540	199 459	107 707 860
31	EVACUADOR DE CRECIDAS				
31.1	Hormigón H-30 muro lateral (encofrado a dos caras)	m ³	600	328 669	197 201 400
31.2	Hormigón reposición (espaldón, rápido descarga, canal de control)	m ³	3500	240 676	842 366 000
32	CAMINO DE BORDE EMBALSE				
32.1	Relleno compactado tipo 3C	m ³	11 500	5282	60 743 000
33	EQUIPOS MECÁNICOS				
33.1	Concentradores de flujo HB DN 800	un	1	25 619 296	25 619 296
33.2	Concentradores de flujo HB DN 350	un	1	20 090 811	20 090 811
33.3	Tuberías y singularidades e=18 mm	kg	29 228	6307	184 340 996
33.4	Sistema izaje válvula mariposa 1600 mm	un	1	68 900 384	68 900 384
34	ACERO Y ANCLAJES				
34.1	Fi 16 L=1,5 m Hilti RE 500 V3 perforación Fi 19 L=350 mm	un	83	36 301	3 012 983
34.2	Fi 16 L=1,5 m Hilti RE 500 V3 perforación Fi 28 L=500 mm	un	256	39 344	10 072 064
35	ZONA A - OBRAS ZONA A BAJO COTA DE PROYECTO				
35.1	Excavación en TCN zona A	m ³	11 383,6	5628	64 066 901
35.2	Relleno 2A de la presa	m ³	446	16 228	7 237 688
35.3	Relleno 2B de la presa	m ³	974	13 101	12 760 374
35.4	Relleno 3B de la presa	m ³	8561	6739	57 692 579
35.5	Rellenos estructurales	m ³	147,6	20 489	3 024 176

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
35.6	Hormigón H-25 (reposición en plinto valle)	m ³	1255	201 166	252 463 330
36	BATERÍA DE CONTENEDORES DE CRUCE RÍO LLUTA				
36.1	Suministro y montaje de estructura tipo contenedor reforzado	un	4	5 062 896	20 251 584
36.2	Excavación en TCN	m ³	1608,58	4577	7 362 471
36.3	Colocación de bolones >200 kg en losa inferior	m ³	300	17 028	5 108 400
36.4	Consolidación hormigón H-15	m ³	105	199 459	20 943 195
36.5	Hormigón H-30 en muros intermedios	m ³	88	199 459	17 552 392
36.6	Colocación de bolones >200 kg en zona transición de relleno	m ³	120	17 028	2 043 360
36.7	Consolidación hormigón H-15 de relleno	m ³	42	199 459	8 377 278
36.8	Hormigón H-30 en losa superior	m ³	89	303 566	27 017 374
36.9	Acero A63-42H en refuerzo estructural	kg	10 500	1137	11 938 500
37	MEDIO AMBIENTE				
37.1	Plan de rescate arqueológico - hallazgo no previsto Chironta - 37	m ²	109	50 551	5 510 059
				Total neto	5 103 257 975
				19% IVA.	969 619 015
				Total	6 072 876 990

Fuente: Modificación de contrato N°2 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

E.3. Variaciones de obra en modificación de contrato N°3

Aumentos de obras menores o iguales al 30 %

Tabla E.11: Aumentos de obras menores o iguales al 30 %, modificación de contrato N°3

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
3	EXCAVACIONES ABIERTAS				
3.1	Excavación en material común				
3.1.2	En laderas zona presa	m ³	7897,8	5328	42 079 478
3.2	Excavación abiertas en roca				
3.2.3	En evacuador de crecidas	m ³	6000	6958	41 748 000
4	RELLENOS DE LA PRESA				
4.1	Rellenos de la presa				
4.1.4	Zona 3B de la presa	m ³	8173	6739	55 077 847
4.1.5	Zona 3C de la presa	m ³	2763	5282	14 594 166

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
4.1.6	Zona 3D de la presa	m ³	744	7279	5 415 576
6	OBRAS DE REFUERZO Y SOSTENIMIENTOS DE EXCAVACIONES Y ESTRUCTURAS				
6.2	En excavaciones subterráneas (en el frente)				
6.2.2	Pernos de roca f 25, L=4,2 m en roca	un	24	89 513	2 148 312
7	PERFORACIONES E INYECCIONES				
7.5	Perforación para piezómetros Casa-grande				
7.5.1	Perforación f=3"	ml	75	68 253	5 118 975
8	HORMIGÓN				
8.3	Hormigón H-30				
8.3.3	Muro parapeto del coronamiento	m ³	107	263 680	28 213 760
8.3.11	Evacuador de crecidas	m ³	473	240 676	113 839 748
9	ACERO Y ANCLAJES				
9.1	A63-42H	kg	192 833	1137	219 251 121
9.2	Barras de anclaje (A63-42H)				
9.2.3	f 25, L=4,5 m	un	560	80 943	45 328 080
10	JUNTAS SELLADAS				
10.5	Juntas de retracción y dilatación	ml	163,5	19 414	3 174 189
12	EQUIPOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS				
12.10	Blindaje interior túneles				
12.10.2	Sección cuadrada para descarga de fondo	kg	815	4809	3 919 335
13	MISCELÁNEOS				
13.2	Elementos metálicos pintados	kg	1200	4728	5 673 600
13.9	Dren colector con tubería de PCV D=12"	ml	28	87 825	2 459 100
13.11	Dren longitudinal sin tubería	ml	8	40 994	327 952
13.25	Sistema de agotamiento zona A	mes	1	43 156 829	43 156 829
15	PUENTE SOBRE VERTEDERO				
	1. INFRAESTRUCTURA				
504-1	Moldajes (para estribos)	m ²	14	24 347	340 858
501-1	Hormigón H-5 (emplantillados)	m ³	0,6	141 728	85 037
503-2	Acero para armaduras A63-42H	kg	384	1101	422 784
	2. SUPERESTRUCTURA				
504-1	Moldajes	m ²	71	26 782	1 901 522
503-2	Acero para armaduras A63-42H	kg	1077	1101	1 185 777
511-1	Pintura vigas metálicas y arriostramientos	m ²	240	12 647	3 035 280

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
Lam A- 215-II	Pasamanos barrera sección F	ml	17,4	187731	3 266 519
	3. VARIOS				
5.707-1	Barrera metálica simples de doble onda	ml	34	48 574	1 651 516
16	CAMINO DE ACCESO AL EMBALSE (EJE 1 Y 3)				
5.200	MOVIMIENTO DE TIERRA				
201-4	Excavación de corte en roca	m ³	8000	6643	53 144 000
5.300	CAPAS GRANULARES				
301-1	Carpeta granular	m ³	708	14 728	10 427 424
5.700	ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD				
702-1a	Señalización vertical lateral de un poste	N°	27	136 654	3 689 658
702-1b	Señalización vertical lateral de dos postes	N°	3	325 644	976 932
702-5d	Hitos de arista	N°	4	89 398	357 592
17	CAMINO DE BORDE EMBALSE				
5.700	ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD				
702-1a	Señalización vertical lateral de un poste	N°	9	136 654	1 229 886
702-1b	Señalización vertical lateral de dos postes	N°	1	325 644	325 644
				Total neto	713 566 498
				19% IVA.	135 577 635
				Total	849 144 132

Fuente: Modificación de contrato N°3 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Aumentos de obras mayores al 30 %

Tabla E.12: Aumentos de obras mayores al 30 %, modificación de contrato N°3

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
3	EXCAVACIONES ABIERTAS				
3.1	Excavación en material común				
3.1.2	En laderas zona presa	m ³	3776,2	5328	20 119 594
3.1.4	En fundaciones ataguía	m ³	6500	4013	26 084 500
3.1.5	En portales de túnel de desvío	m ³	3400	5349	18 186 600
4	RELLENOS DE LA PRESA				
4.1	Rellenos de la presa				
4.1.7	Enrocado zona 4 de la presa	m ³	519	5769	2 994 111

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
6	OBRAS DE REFUERZO Y SOSTENIMIENTOS DE EXCAVACIONES Y ESTRUCTURAS				
6.1	En excavaciones abiertas				
6.1.4	Malla para estabilidad taludes definitivos	m ²	9381	9971	93 537 951
7	PERFORACIONES E INYECCIONES				
7.5	Perforación para piezómetros Casagrande				
7.5.1	Perforación f=3"	ml	44	68 253	3 003 132
8	HORMIGÓN				
8.3	Hormigón H-30				
8.3.6	Cavernas, tapones y losetas y Ducto By Pass	m ³	543	286 534	155 587 962
9	ACERO Y ANCLAJES				
9.2	Barras de anclaje (A63-42H)				
9.2.1	f 25, L=4,2 m en roca	un	339	68 958	23 376 762
9.2.3	f 25, L=4,5 m	un	150	80 943	12 141 450
10	JUNTAS SELLADAS				
10.5	Juntas de retracción y dilatación	ml	726,5	19 414	14 104 271
13	MISCELÁNEOS				
13.2	Elementos metálicos pintados	kg	2324	4728	10 987 872
14	MANEJO Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL				
	PARTICIPACIÓN CIUDADANA				
14.2.1	Reuniones, talleres, visitas a obras y entrevistas				
14.2.1 d)	Visitas a la obra	c/u	17	202 632	3 444 744
15	PUENTE SOBRE VERTEDERO				
501-1	Hormigón H-5 (emplantillados)	m ³	0,4	141 728	56 691
503-2	Acero para armaduras A63-42H	kg	614	1101	676 014
511-1	Pintura vigas metálicas y ariostramientos	m ²	316	12 647	3 996 452
Lam A-215-II	Pasamanos barrera sección F	ml	90,6	187 731	17 008 429
16	CAMINO DE ACCESO AL EMBALSE (EJE 1 Y 3)				
5.700	ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD				
702-1a	Señalización vertical lateral de un poste	Nº	17	136 654	2 323 118
702-1b	Señalización vertical lateral de dos postes	Nº	12	325 644	3 907 728
702-5d	Hitos de arista	Nº	36	89 398	3 218 328

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
17	CAMINO DE BORDE EMBALSE				
5.700	ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD				
702-1a	Señalización vertical lateral de un poste	Nº	37	136 654	5 056 198
702-1b	Señalización vertical lateral de dos postes	Nº	9	325 644	2 930 796
				Total neto	422 742 702
				19 % IVA.	80 321 113
				Total	503 063 816

Fuente: Modificación de contrato N°3 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Disminuciones de obras

Tabla E.13: Disminuciones de obras, modificación de contrato N°3

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
2	ROCES, DESCEPES, ESCARPES Y LIMPIEZA				
2.1	Roces	m ²	22 035	1492	32 876 220
2.2	Descepes	m ²	22 035	1046	23 048 610
2.3	Escarpe	m ³	10	3893	38 930
3	EXCAVACIONES ABIERTAS				
3.1	Excavación en material común				
3.1.3	En evacuador de crecidas	m ³	31 000	5313	164 703 000
3.2	Excavación abiertas en roca				
3.2.1	En casa de válvulas y otros lugares	m ³	2400	34 218	82 123 200
3.2.2	En laderas y zona del valle (zona de la presa)	m ³	62 970	8512	536 000 640
3.2.4	En portales túnel de desvío	m ³	17 917,97	10 119	181 311 938
4	RELLENOS DE LA PRESA				
4.1	Rellenos de la presa				
4.1.1	Zona 1A de la presa (Relleno tipo 1)	m ³	202	28 722	5 801 844
4.1.2	Zona 2A de la presa	m ³	7058	16 228	114 537 224
4.1.3	Zona 2B de la presa	m ³	7939	13 101	104 008 839
4.1.8	Carpeta de rodado en coronamiento (e=20 cm)	m ³	66	13 853	914 298
4.1.9	Material granular seleccionado (9”<D<16”)	m ³	68	16 908	1 149 744
5	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA				
5.3	Obras subterráneas complementarias				

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
5.3.2 b)	Rellenos autorizados por la ITO con hormigón H-30	m ³	63,5	337 973	21 461 286
6	OBRAS DE REFUERZO Y SOSTENIMIENTOS DE EXCAVACIONES Y ESTRUCTURAS				
6.1	En excavaciones abiertas				
6.1.1 a)	Hormigón proyectado 1ra capa (2,5 cm)	m ²	13 500	16 435	221 872 500
6.1.1 b)	Hormigón proyectado 2da capa y siguientes (2,5 cm)	m ²	3500	13 975	48 912 500
6.1.2	Pernos para roca: f 25				
6.1.2 a)	Pernos para roca: f 25, L=4,5 m en roca	un	5300	90 760	481 028 000
6.1.2 b)	Pernos para roca: f 25, L=6 m en roca	un	800	114 313	91 450 400
6.1.2 c)	Pernos para roca: f 25, L=8 m en roca	un	300	146 121	43 836 300
6.1.5	Pernos adicionales para roca: f 16, L=0,5 m en roca	un	900	12 030	10 827 000
7	PERFORACIONES E INYECCIONES				
7.1	En túneles de desvío y caverna				
7.1.1	Perforación	ml	300	103 013	30 903 900
7.1.2 a)	Inyección de consolidación e impermeabilización	lt	426 000	285	121 410 000
7.2	Inyecciones bajo el plinto y bajo el umbral del vertedero				
7.2.1	Impermeabilización				
7.2.1 b)	Inyección de la lechada	lt	387 340	871	337 373 140
7.2.2	Consolidación				
7.2.2 b)	Inyección de la lechada	lt	141 000	871	122 811 000
8	HORMIGÓN				
8.2	Hormigón H-25 (reposición del plinto)	m ³	580	201 166	116 676 280
8.3	Hormigón H-30				
8.3.1	Pantalla impermeable	m ³	444	250 842	111 373 848
8.3.2	Plinto	m ³	97	299 130	29 015 610
8.4	Hormigón extruido	m ³	157	155 273	24 377 861
10	JUNTAS SELLADAS				
10.4	Tipo 5 (pantalla-vertical, compresión)	ml	694	289 582	200 969 908
11	INSTRUMENTACIÓN				
11.6	Piezómetro eléctrico	un	1	2 742 326	2 742 326
11.8	Electroniveles (Tiltmeter)	un	10	7 184 026	71 840 260

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
12	EQUIPOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS				
12.6	Tubería de acero				
12.6.1	f=1600 mm e=10 mm	ml	8,53	2 503 663	21 356 245
12.9	Equipamiento eléctrico				
12.9.1 a)	Subestación 75 KVA	N°	1	14 404 945	14 404 945
12.9.1 b)	Subestación 20 KVA	N°	1	13 902 417	13 902 417
12.9.2	Conexión media tensión	N°	1	25 810 051	25 810 051
12.9.3	Tableros	N°	1	193 267 850	193 267 850
12.9.4	Canalizaciones, escalerillas, cámaras	N°	1	232 403 783	232 403 783
12.9.5	Generador, accesorios, caseta	N°	1	64 543 487	64 543 487
12.9.6	Cables	N°	1	163 779 294	163 779 294
12.9.7	Iluminación	N°	1	123 770 867	123 770 867
12.9.8	Malla tierra	N°	1	15 776 001	15 776 001
13	MISCELÁNEOS				
13.10	Dren transversal tubería de PVC D=6"	ml	99	29 458	2 916 342
13.16	Estación Fluviométrica				
13.16.1	Obras civiles	N°	2	267 011 687	534 023 374
14	MANEJO Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL				
14.1	Manejo y seguimiento ambiental				
14.1.6	Aplicación de Bischofita o similar en Ruta A-15	km	8	8 130 278	65 042 224
15	PUENTE SOBRE VERTEDERO				
	1. INFRAESTRUCTURA				
201-4	Excavación de corte en roca	m ³	20	31 290	625 800
501-14	Hormigón H-30/SM (para estribos)	m ³	1	195 595	195 595
	2. SUPERESTRUCTURA				
501-14	Hormigón H-30/SM	m ³	12	195 611	2 347 332
515-1	Losas de acceso	m ³	1	359 609	359 609
507-1	Suministro y transporte de vigas metálicas y arriostramientos	kg	5650	1814	10 249 100
512-1	Suministro y colocación de junta elastómera en tableros de puentes	ml	1	206 720	206 720
513-1	Suministro y colocación de anclajes antisísmicos en tableros ancho <10 m	N°	2	344 582	689 164
	4. REFUERZO TALUD VERTEDERO				
6.1.2 d)	Pernos de anclaje: f 25, L=10 m en roca	c/u	10	156 431	1 564 310
6.1.2 e)	Pernos de anclaje: f 25, L=8 m en roca	c/u	10	146 121	1 461 210

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
6.1.2 f)	Pernos de anclaje: f 25, L=6 m en roca	c/u	10	114 313	1 143 130
16	CAMINO DE ACCESO AL EMBALSE (EJE 1 Y 3)				
5.200	MOVIMIENTO DE TIERRA				
201-3	Excavación de corte en T.C.N	m ³	2870	2353	6 753 110
202-1	Excavación en T.C.N para drenajes	m ³	359	5645	2 026 555
204-4.A	Geotextil para control de erosión	m ²	13 236	1934	25 598 424
205-1.A	Formación y compactación de terraplenes	m ³	23 049	5629	129 742 821
206-1	Relleno estructural	m ³	309,8	26 401	8 179 030
208-1	Obras de encauzamiento del río	km	0,37	31 368 767	11 606 444
5.500	PUENTES Y ESTRUCTURAS				
501-1	Hormigón H-5	m ³	3,99	141 675	565 283
501-4	Hormigón H-20	m ³	12,93	239 698	3 099 295
501-6	Hormigón H-30	m ³	56,09	303 566	17 027 017
503-2	Acero para armaduras A63-42H	kg	4231	1101	4 658 331
508-1	Mampostería de piedra	m ³	70	70 809	4 956 630
5.600	DRENAJE DE PROTECCIÓN DE LA PLATAFORMA				
602-1A	Tubos circulares de metal corrugado $\phi=0,8$ m	m	175	171 629	30 035 075
602-1B	Tubos circulares de metal corrugado $\phi=1,2$ m	m	50,5	265 201	13 392 651
602-1C	Tubos circulares de metal corrugado $\phi=1,5$ m	m	28	326 144	9 132 032
602-1D	Tubos circulares de metal corrugado $\phi=1,8$ m	m	22	370 969	8 161 318
5.700	ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD				
702-5a	Delineadores verticales	N°	140	114 245	15 994 300
705-5e	Delineadores direccionales	N°	14	106 450	1 490 300
707-1	Barrera metálica de doble onda	m	2286	48 574	111 040 164
17	CAMINO DE BORDE EMBALSE				
5.200	MOVIMIENTO DE TIERRA				
201-3	Excavación de corte en T.C.N	m ³	33 649	2353	79 176 097
201-4	Excavación de corte en roca	m ³	8487	5609	47 603 583
202-1	Excavación en T.C.N para drenajes	m ³	1000	9691	9 691 000
202-3	Excavación en roca para drenajes	m ³	1399	28 346	39 656 054
204-1	Geotextil para estabilización de suelos	m ³	243	1209	293 787
205-1	Formación y compactación de terraplenes	m ³	1000	5635	5 635 000
206-1	Relleno estructural	m ³	288	23 901	6 883 488
209-1	Preparación de la sub rasante	m ²	9913	581	5 759 453

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
5.300	CAPAS GRANULARES				
301-1	Carpeta granular	m ³	883	11 870	10 481 210
5.500	PUENTES Y ESTRUCTURAS				
501-1	Hormigón H-5	m ³	4	141 675	566 700
501-4	Hormigón H-20	m ³	82	239 698	19 655 236
501-6	Hormigón H-30	m ³	53	303 566	16 088 998
503-2	Acero para armaduras A63-42H	kg	2349	1101	2 586 249
508-1	Mampostería de piedra	m ²	112	70 809	7 930 608
5.600	DRENAJE DE PROTECCIÓN DE LA PLATAFORMA				
601-2 A	Tubos circulares de metal corrugado $\phi=0,8$ m	m	66	96 930	6 397 380
601-2 B	Tubos circulares de metal corrugado $\phi=1,0$ m	m	9	104 992	944 928
601-2 C	Tubos circulares de metal corrugado $\phi=1,2$ m	m	28	120 376	3 370 528
5.700	ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD				
702-5a	Delineadores verticales	N°	53	114 245	6 054 985
702-5d	Hitos de arista	N°	10	89 398	893 980
705-5e	Delineadores direccionales	N°	10	106 450	1 064 500
707-1	Barrera metálica de doble onda	m	2000	48 574	97 148 000
	3. VARIOS				
801-1	Pernos para roca: f 22, L=4,2 m en roca	un	4675	90 760	424 303 000
801-3	Mallas de refuerzo taludes (10006 o MFI 3500-100)	m ²	10 941	9971	109 092 711
	Pernos adicionales para roca: f 16, L=0,5 m en roca	un	1000	12 030	12 030 000
18	PUENTE PALMANI				
	1. INFRAESTRUCTURA				
504-1	Moldajes (para estribos)	m ²	100	24 347	2 434 700
201-4	Excavación de corte en roca	m ³	50	31 290	1 564 500
202-5	Excavación a máquina en puentes y estructuras	m ³	50	9368	468 400
206-1	Relleno estructural permeable	m ³	100	27 656	2 765 600
501-14	Hormigón H-30/SM (para estribos)	m ³	28	195 595	5 476 660
501-1	Hormigón H-5 (emplantillados)	m ³	2	141 728	283 456
503-2	Acero para armaduras A63-42H	kg	2660	1101	2 928 660
	2. SUPERESTRUCTURA				
504-1	Moldajes	m ²	300	26 782	8 034 600
503-2	Acero para armaduras A63-42H	kg	4500	1101	4 954 500
501-14	Hormigón H-30/SM	m ³	72	195 611	14 083 992
411-2	Capa de hormigón para puentes	m ³	10	247 535	2 475 350
515-1	Losas de acceso	m ³	7	359 609	2 517 263

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
507-1	Suministro y transporte de vigas metálicas y arriostramientos	kg	25 500	1814	46 257 000
507-2	Lanzamiento y colocación de vigas metálicas y arriostramientos	N°	2	10 775 093	21 550 186
511-1	Pintura vigas metálicas y arriostramientos	m ²	800	12 647	10 117 600
512-1	Suministro y colocación de junta elastómera en tableros de puentes	ml	11	206 720	2 273 920
513-1	Suministro y colocación de anclajes antisísmicos en tableros ancho <10 m	N°	6	344 582	2 067 492
514-1	Suministro y colocación de placas de neopreno	N°	8	331 055	2 648 440
Lam A-2015-II	Pasamanos barrera sección F	ml	60	187 731	11 263 860
615-1	Barbacanas de desagüe 3. VARIOS	gl	1	352 179	352 179
702-1	Señalización lateral vertical	N°	4	171 198	684 792
707-1	Barrera metálica simples de doble onda	ml	60	48 574	2 914 440
				Total neto	6 290 119 301
				19% IVA.	1 195 122 667
				Total	7 485 241 968

Fuente: Modificación de contrato N°3 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Obras extraordinarias

Tabla E.14: Aumentos de obras Extraordinarias, modificación de contrato N°3

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
21	PROTECCIÓN DE TALUDES				
21.1	Protección de taludes	m ³	287	56 661	16 261 707
22	"NUEVO PROYECTO ATAGUÍA "				
22.7	Hormigón H-20 Ataguía	m ³	3,08	239 701	738 279
23	BADÉN, CAMINO Y ESPIGONES				
23.5	Excavación sector Badén	m ³	4694	4577	21 484 438
23.9	Murete de contención	m ³	15	1 093 755	16 406 325
25	TUNEL				
25.1	Anclajes a techo muro divisorio	un	484	39 344	19 042 496
26	PISCINA SEDIMENTACIÓN				
26.3	Consolidación Hormigón H-15	m ³	299,5	199 459	59 737 971

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
28	OBRAS ADICIONALES DE PROTECCIÓN EN CAMINO				
28.1	Excavación de corte en TCN	m ³	10 655	2353	25 071 215
28.2	Relleno compactado tipo 3C	m ³	8898	5282	46 999 236
28.4	Consolidación hormigón H-15	m ³	1235	199 459	246 331 865
29	PRETIL Y ESPIGÓN DE PROTECCIÓN TÚNEL				
29.3	Colocación de bolones >200 kg	m ³	32	17 028	544 896
30	OBRAS SALIDA TÚNEL DE DESVÍO				
30.1	Excavación en TCN	m ³	3841	5349	20 545 509
30.2	Hormigón H-5 (emplantillados)	m ²	1185	7568	8 968 080
30.3	Hormigón H-25 reposición	m ³	606	201 166	121 906 596
30.4	Hormigón H-30	m ³	590	303 566	179 103 940
30.5	Acero para armaduras A63-42H	kg	29 812	1137	33 896 244
30.6	Colocación de bolones >200 kg	m ³	1200	17 028	20 433 600
30.7	Consolidación hormigón H-15	m ³	360	199 459	71 805 240
31	EVACUADOR DE CRECIDAS				
31.1	Hormigón H-30 muro lateral (encontrado a dos caras)	m ³	501	328 669	164 663 169
31.2	Hormigón reposición (espaldón, rápido descarga, canal de control)	m ³	400	240 676	96 270 400
32	CAMINO DE BORDE EMBALSE				
32.1	Relleno compactado tipo 3C	m ³	5000	5282	26 410 000
33	EQUIPOS MECÁNICOS				
33.3	Tuberías y singularidades e=18 mm	kg	576	6307	3 632 832
34	ANCLAJES EN CAVERNA DE VÁLVULAS				
34.1	Fi 16 L=1,5 m Hilti RE 500 V3 perforación Fi 19 L=350 mm	un	77	36 301	2 795 177
				Total neto	1 203 049 215
				19% IVA.	228 579 351
				Total	1 431 628 565

Fuente: Modificación de contrato N°3 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Luta, Región de Arica y Parinacota”

Tabla E.15: Disminución de obras extraordinarias, modificación de contrato N°3

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
	OBRAS EXTRAORDINARIAS - MODIFICACIÓN N°1				
22	"NUEVO PROYECTO ATAGUÍA"				
	"				

Segue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
22.1	Relleno material fino, Cut-Off ataguía	m ³	950	15 630	14 848 500
22.4	Zona 3D ataguía	m ³	1300	7279	9 462 700
22.5	Geomembrana HDPE e= 1,5 mm con geotextil 250 gr/m2 ataguía	m ²	464	12 820	5 948 480
23	BADÉN, CAMINO Y ESPIGONES				
23.7	Transporte Adicional	m ³ /km	95 000	649	61 655 000
23.8	Relleno compactado tipo 3C	m ³	5537	5282	29 246 434
24	SOSTENIMIENTO ADICIONAL				
24.1	Pernos L= 2 m en roca (perforación manual)	un	1039	78 000	81 042 000
24.2	Malla gallinero	m ²	2023	6966	14 092 218
26	PISCINA SEDIMENTACIÓN				
26.2	Colocación de Bolones >200 kg	m ³	264	17 028	4 495 392
28	OBRAS EXTRAORDINARIAS - MODIFICACIÓN N°2				
28	OBRAS ADICIONALES DE PROTECCIÓN EN CAMINO				
28.3	Colocación de bolones >200 kg	m ³	7881	17 028	134 197 668
28.5	Geotextil para control de erosión	m ²	12 261	1948	23 884 428
28.6	Excavación lecho de río con sobretamaño	m ³	2942	3465	10 194 030
29	PRETEL Y ESPIGÓN DE PROTECCIÓN TÚNEL				
29.1	Rellenos permeables tipo 3C	m ³	3500	5045	17 657 500
29.2	Excavaciones en TCN	m ³	3400	4577	15 561 800
29.4	Consolidación hormigón H-15	m ³	664	199 459	132 440 776
29.5	Hormigón H-30	m ³	79,64	226 684	18 053 114
29.6	Hormigón H-5 (emplantillados)	m ²	92,8	7568	702 310
36	BATERÍA DE CONTENEDORES DE CRUCE RÍO LLUTA				
36.1	Suministro y montaje de estructura tipo contenedor reforzado	un	4	5 062 896	20 251 584
36.2	Excavación en TCN	m ³	1608,58	4577	7 362 471
36.3	Colocación de bolones >200 kg en losa inferior	m ³	300	17 028	5 108 400
36.4	Consolidación hormigón H-15	m ³	105	199 459	20 943 195
36.5	Hormigón H-30 en muros intermedios	m ³	88	199 459	17 552 392
36.6	Colocación de bolones >200 kg en zona transición de relleno	m ³	120	17 028	2 043 360
36.7	Consolidación hormigón H-15 de relleno	m ³	42	199 459	8 377 278
36.8	Hormigón H-30 en losa superior	m ³	89	303 566	27 017 374

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
36.9	Acero A63-42H en refuerzo estructural	kg	10 500	1137	11 938 500
				Total neto	694 076 904
				19% IVA.	131 874 612
				Total	825 951 516

Fuente: Modificación de contrato N°3 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Tabla E.16: Obras extraordinarias nuevas, modificación de contrato N°3

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
38	BADÉN ARANCHA CAJONES PREFABRICADOS				
38.1	Demoliciones	m ³	1555	9440	14 679 200
38.2	Suministro y montaje cajones prefabricados	m	168	2 499 947	419 991 096
38.3	Excavaciones en TCN	m ³	5440	4577	24 898 880
38.4	Colocación de bolones >200 kg	m ³	2600	17 028	44 272 800
38.5	Hormigón H-5 (emplantillados 5 cm)	m ²	746	7568	5 645 728
38.6	Consolidación hormigón H-15	m ³	900	199 459	179 513 100
38.7	Hormigón H-15 muro y refuerzo	m ³	684	212 852	145 590 768
38.8	Hormigón H-30 en losa superior	m ³	520	303 566	157 854 320
38.9	Acero para armaduras A63-42H	kg	44 268	1137	50 332 716
38.10	Excavación sector badén	m ³	8000	4577	36 616 000
38.11	Transporte adicional	m ³ /km	15 552	649	10 093 248
39	PUENTE PALMANI (PUENTE COLGANTE TABLERO METÁLICO)				
39.1	1. INFRAESTRUCTURA				
39.1.1	Moldajes (para estribos)	m ²	88	24 347	2 142 536
39.1.2	Excavación de corte en roca	m ³	558	31 290	17 459 820
39.1.3	Excavación a máquina en puentes y estructuras	m ³	659	9367	6 172 853
39.1.4	Relleno estructural permeable	m ³	241	27 658	6 665 578
39.1.5	Hormigón H-30/SM (para estribos)	m ³	173	195 598	33 838 454
39.1.6	Hormigón H-5 (emplantillados)	m ³	4	141 732	566 928
39.1.7	Acero para armaduras A63-42H	kg	3917	1101	4 312 617
39.2	2. SUPERESTRUCTURA				
39.2.1	Suministro y transporte estructura metálica y tablero de rodado	gl	1	296 570 014	296 570 014
39.2.2	Suministro, transporte y colocación cable acero catenaria	gl	1	131 298 615	131 298 615

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
39.2.3	Suministro, transporte y colocación cable acero riostras laterales	gl	1	62 942 053	62 942 053
39.2.4	Armado y montaje estructura metálica y tablero de rodado	gl	1	120 976 237	120 976 237
39.3	VARIOS				
39.3.1	Señalización vertical lateral	N°	4	171 159	684 636
39.3.2	Barreras metálica simples de doble onda	m	60	48 574	2 914 440
40	NUEVO EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO				
40.1	Conexión fotovoltaico	un	1	33 420 456	33 420 456
40.2	Tableros				
40.2.1	CH-01 General	un	1	147 447 502	147 447 502
40.2.2	CH-02 Caverna CH1.9	un	1	137 150 287	137 150 287
40.2.3	CH-03 Arranque instrumentos CH1.10	un	1	65 644 667	65 644 667
40.3	Canalizaciones, escalerillas, cámaras				
40.3.1	Escalerilla 300x200 mm (túnel)	m	305,8	207 886	63 571 539
40.3.2	CAG ANSI C80.1 3/4"	m	151,8	57 121	8 670 968
40.3.3	CAG ANSI C80.1 1"	m	365,2	79 735	29 119 222
40.3.4	CAG ANSI C80.1 1" 1/2"	m	33	126 699	4 181 067
40.3.5	CAG ANSI C80.1 2"	m	187	160 134	29 945 058
40.3.6	PVC Conduit de 20 mm	m	198	2171	429 858
40.3.7	PVC Conduit de 25 mm	m	79,2	3166	250 747
40.3.8	PVC Conduit de 32 mm	m	22	4323	95 106
40.3.9	PVC SCH 40 de 3/4"	m	90	17 576	1 581 840
40.3.10	PVC SCH 40 de 1" 1/2"	m	1518	27 682	42 021 276
40.3.11	PVC SCH 40 de 2"	m	1782	33 307	59 353 074
40.3.12	PVC SCH 40 de 3"	m	27,5	56 577	1 555 868
40.3.13	Cámaras eléctricas	un	7	3 055 977	21 391 839
40.4	Generador, accesorios, casetas				
40.4.1	Generador 100 KVA	un	1	79 254 081	79 254 081
40.4.2	Caseta	un	1	17 588 363	17 588 363
40.5	Cables				
40.5.1	Cable eléctrico 3x14 AWG XTMU (2,08 mm ²)	m	243,8	3575	871 585
40.5.2	Cable eléctrico 3x12 AWG XTMU (3,31 mm ²)	m	610,5	5260	3 211 230
40.5.3	Cable eléctrico 3x10 AWG XTMU (5,26 mm ²)	m	99	8068	798 732
40.5.4	Cable eléctrico 3x8 AWG XTMU (8,37 mm ²)	m	440	13 064	5 748 160
40.5.5	Cable eléctrico 3x6 AWG XTMU (13,3 mm ²)	m	385	20 729	7 980 665

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
40.5.6	Cable eléctrico 3x4 AWG XTMU (21,2 mm ²)	m	682	31 166	21 255 212
40.5.7	Cable eléctrico 3x2 AWG XTMU (33,6 mm ²)	m	495	45 429	22 487 355
40.5.8	Cable eléctrico 3x1 AWG XTMU (42,4 mm ²)	m	572	56 665	32 412 380
40.5.9	Cable eléctrico 5x12 AWG XTMU (3,31 mm ²)	m	22	8649	190 278
40.5.10	Cable eléctrico 5x10 AWG XTMU (5,26 mm ²)	m	231	12 993	3 001 383
40.5.11	Cable eléctrico 5x8 AWG XTMU (8,37 mm ²)	m	132	22 876	3 019 632
40.5.12	Cable eléctrico 5x4 AWG XTMU (21,2 mm ²)	m	374	53 630	20 057 620
40.5.13	Cable eléctrico 3x1,5 mm ² EVA	m	55	6349	349 195
40.5.14	Cable eléctrico 3x2,5 mm ² EVA	m	178,86	7890	1 411 205
40.5.15	Cable eléctrico 3x4 mm ² EVA	m	66	11 683	771 078
40.5.16	Cable eléctrico 3x10 mm ² EVA	m	330	22 761	7 511 130
40.5.17	Cable eléctrico 5x4 mm ² EVA	m	55	18 684	1 027 620
40.5.18	Cable eléctrico 5x6 mm ² EVA	m	143	26 499	3 789 357
40.5.19	Cable eléctrico 5x16 mm ² EVA	m	44	66 328	2 918 432
40.5.20	Cable eléctrico 1x3/0 AWG EVA (95,0 mm ²)	m	1925	75 169	144 700 325
40.6	Iluminación				
40.6.1	Luminaria LED Cree Edge 140W con poste galv. 10 m	un	43	2 557 670	109 979 810
40.6.2	Luminaria LED 18W hermética	un	50	344 689	17 234 450
40.6.3	Luminaria LED 18W hermética con kit	un	13	769 689	10 005 957
40.6.4	Luminaria LED 26W hermética	un	18	462 240	8 320 320
40.6.5	Luminaria LED 26W hermética con kit	un	7	572 160	4 005 120
40.6.6	Luminaria LED 38W hermética	un	29	495 591	14 372 139
40.6.7	Luminaria LED 38W hermética con kit	un	12	602 376	7 228 512
40.7	Malla a tierra Cu 2/0 AWG	m	2687	7034	18 900 358
41	SECCIÓN DE AFORO, ESTA- CIÓN FLUVIOMÉTRICA				
41.1	Relleno 3C	m ³	600	5282	3 169 200
41.2	Relleno 3B	m ³	780	6739	5 256 420
41.3	Excavación en TCN	m ³	2523	5349	13 495 527
41.4	Colocación de bolones >200 kg en losa inferior	m ³	3640	17 028	61 981 920
41.5	Consolidación hormigón H-15	m ³	1093	199 459	218 008 687

Sigue en la página siguiente.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UN	CANT.	P.U. [\$]	TOTAL [\$]
41.6	Excavación lecho de río con sobre-tamaño	m ³	1880	3465	6 514 200
41.7	Excavaciones zona C y D	m ³	5187	4577	23 740 899
41.8	Relleno estructural	m ³	1526	26 401	40 287 926
41.9	Hormigón H-5 (emplantillados 5 cm)	m ²	200	7568	1 513 600
41.10	Elementos metálicos pintados	kg	2000	4728	9 456 000
41.11	Cierres de malla tipo Acmaford o similar	ml	20	70 905	1 418 100
41.12	Muro parapero del coronamiento H-30	m ³	414	263 680	109 163 520
41.13	A63-42H	kg	11 963	1137	13 601 931
41.14	Geotextil para control de erosión	m ²	3528	1934	6 823 152
42	COMPLEMENTO SALIDA CASA DE VÁLVULAS				
42.1	Relleno tipo 3B	m ³	4420	6739	29 786 380
42.2	Relleno tipo 3C	m ³	5774	5282	30 498 268
42.3	Relleno 2B	m ³	470	13 101	6 157 470
43	FUNDACIÓN PANELES FOTO-VOLTAICOS (PLANTA FOTO-VOLTAICA PRESA)				
43.1	Relleno 3C	m ³	6146	5282	32 463 172
43.2	Corte	m ³	387	4577	1 771 299
43.3	Geotextil	m ²	3680	1948	7 168 640
43.4	H-25 losa	m ³	225	263 680	59 328 000
43.5	A63-42H	kg	18 000	1137	20 466 000
44	BARRERA LATERAL DE HORMIGÓN TIPO F				
44.1	Barrera de hormigón	m	3422	167 189	572 120 758
45	ANILLOS ANCLAJE SALA DE VÁLVULAS				
45.1	Anillos protección tubería	gl	1	7 787 340	7 787 340
				Total neto	4 274 243 104
				19 % IVA.	812 106 190
				Total	5 086 349 293

Fuente: Modificación de contrato N°3 CO-ECHI-01 “Construcción embalse Chironta, Valle del Lluta, Región de Arica y Parinacota”

Anexo F

Impactos ambientales y medidas de mitigación, compensación del proyecto Chironta

Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo - Página)	
		Construcción camino de acceso a entubado	Impacto Ambiental			Mitigación				superficie de tránsito en la Ruta A-15. - En el caso que la intensificación de riego no sea lo suficientemente adecuada para mitigar la erosión, se aplicará el uso de materiales no pavimentados, se aplicará coboco de calcio sobre la carpeta de rodado (sobre 95% de eficiencia en la mitigación).		
Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo - Página)	
Ruido	Construcción	<ul style="list-style-type: none"> Explotación de volcánicos, sacación y procesamiento de material Operación de Botaderos Despeje de vegetación Construcción de obras de infraestructura Perforación y tronaduras Excavación zona de emplazamiento de la planta Operación de maquinarias Construcción del muro Construcción de obras complementarias al muro 	Aumento del nivel de Frecuencia Sonora	1, 2, 5, 6A, 7	-17, -20, -18, -15, -44	<ul style="list-style-type: none"> - Pantallas (barreras) Acústicas móviles (temporales) en los frentes de faenas donde existen receptores que puedan ser afectados - Mantenimiento de maquinaria - Restricción de velocidad frente a asentamientos - Encapultamiento de equipos ruidosos próximos a receptores sensibles - Información a la comunidad de actividades ruidosas. - Capacitación a operarios respecto a los efectos potenciales de la contaminación acústica y actitud de las maquinarias emisoras. - Disposición de paneles informativos sobre contaminación acústica y medidas preventivas. 		<ul style="list-style-type: none"> Plan de Monitoreo de Ruido • Puntos Monitoreo: Escobares, PR1, PR2, PR3, PR4, PR5 y FRB (según línea base) • Variables: Nivel de Ruido (dB), según proyección EA y DS 9852011 de INIA. • Frecuencia y Duración: Trimestral durante la fase de construcción. 	Definir Plan de Acción frente a potenciales reclamos de la comunidad.	Cap. 4 Pág. 26-27 Cap. 5 Pág. 9-10 Cap. 6 Pág. 3 Resp. 2.4, Adenda 1 Anexo 4 Adenda 1		
Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo - Página)	
Geomorfología	Construcción	<ul style="list-style-type: none"> Construcción camino de acceso a embalse Operación de Botaderos y procesamiento de material Construcción de obras de desviación Excavación zona de emplazamiento de la planta 	Aumento inestabilidad del terreno	1, 2, 4, 10	-39, -26, -14, -72	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio complementario de estabilidad de taludes para programa de licitadoras. Se presentará durante la fase de construcción. 						
Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo - Página)	
Suelo	Construcción	<ul style="list-style-type: none"> Construcción camino de acceso a embalse Invasión de las dependencias Yacimientos, extracción y procesamiento de material Botaderos Excavación zona de 	Alteración de las propiedades productivas del suelo	2, 7	-81, -85	<ul style="list-style-type: none"> - Delimitación de áreas de trabajos - Prevención y Control de Derrames - Capacitación a Trabajadores 	Descompactación (escarificación) de áreas de uso temporal.			Resp. 8.1 Adenda 1	Referencia EIA (Capítulo - Página) Cap. 4 Pág. 32-33 Cap. 5 Pág. 11-12	

Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo - Página)	
										<p>librado a pie de presa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se analizará eventuales extracciones de agua adicionales a las proyectadas en el caso del río Luján. - Se analizará las condiciones de calidad de aguas y sedimentos para comprobar eventuales anomalías. - Se intensificará el seguimiento de poblaciones bólicas hasta comprobar su recuperación a niveles normales según la línea de base. <p>Control Acuífero inferior del río Luján</p> <p>En el caso eventual de eventuales modificaciones significativas en los niveles de agua de los pozos de monitoreo, se adoptarán las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se informará a la DGA y SMA de los resultados. - Se realizará un estudio de mayor profundidad, con el objeto de analizar las causas relacionadas con la eventual disminución del nivel freático. - Se definirán medidas específicas en el caso que existiera una disminución del nivel freático y el funcionamiento del embalse, tal como disposición de agua adicional a los canales que alimentan el acuífero. 		
Regimen de Sedimentos	Operación	Regulación del río	Modificación del régimen sedimentológico	10, 15	-80, -80	- Liberación periódica de sedimentos mediante flushing			<p>Estudio modelo sedimentológico del río Luján (ver respuesta 1.3.c de Adenda 2)</p> <p>Resultados serán presentados a la autoridad ambiental previo a la construcción del embalse</p>	<p>Humedal Desembocadura río Luján</p> <p>En virtud de los resultados del Plan de Vigilancia, se evaluará el funcionamiento de las condiciones básicas del humedal (Evaluación Inicial). Al respecto, al encontrarse situaciones de cambios significativos se tomarán las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se dará aviso a la SMA, Municipalidad de Arica, CMV y SAG de la región de Arica y Punoaqui, cuando se coordinará las acciones inmediatas. - Se analizará las condiciones de calidad de aguas, sedimento y bota acuática para comprobar eventuales anomalías. - En el caso de identificar alteraciones debido a bajas aportes de sedimentos se intensificará la periodicidad del flushing para el periodo siguiente. - Se intensificará el seguimiento de poblaciones bólicas hasta comprobar su recuperación a niveles normales según la línea de base. 	<p>Resp. 1.3.c) Adenda 2</p> <p>Resp. 5.12 adenda 2</p> <p>Resp. 2.1.b)</p> <p>Adenda 2</p> <p>Anexo 12 Adenda 2</p>	
Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo - Página)	
Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo - Página)	
Caliente del Agua y Sedimentos	Construcción	<p>Instalación de las dependencias</p> <p>Yacimiento, extracción y procesamiento de material</p> <p>Construcción de obras de desviación</p> <p>Desviación de cauce.</p>	Alteración de la calidad del agua	1, 2, 5, 6A, 6B, 7	-88, -77, -68, -58, -58, -56, -39	<p>- Plan de Prevención y Control de Contaminación de Agua y Suelo</p> <p>- Plan de Intervención controlada del río Luján</p> <p>- Plan de Prevención y Control de Contaminación de Agua y Suelo</p> <p>- Plan de Intervención controlada del río Luján</p> <p>- Plan de Prevención y Control de Contaminación de Agua y Suelo</p> <p>- Plan de Prevención y Control de Contaminación de Agua y Suelo</p>	<p>Estabilización de riberas del cauce del río Luján</p>		<p>Plan de Seguimiento Aguas y Sedimentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puntos Monitoreo (PM): - 1 PM aguas arriba del embalse - 1 PM aguas abajo del embalse - 1 PM aguas abajo del embalse - 1 PM Humedal (desembocadura) <p>• Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matiz Acuosa (calidad agua según Norma NCh 1333 para todos sus usos) 	<p>Procedimiento en caso de derrames de sustancias contaminantes sobre el recurso agua</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acción de alerta: - Aviso inmediato al jefe de turno o encargado de la tarea en el lugar, así como al encargado de prevención de riesgos y/o de emergencias. - El jefe de turno informará de inmediato a SMA, Servicio de Salud, DGA, Bomberos y Carabineros. 	<p>Cap. 4 Pág. 85-86</p> <p>Cap. 5 Pág. 12-13;</p> <p>Cap. 6 Pág. 3,6</p> <p>Resp. 2.1.a)</p> <p>Adenda 2</p> <p>Resp. 5.c) Adenda 2</p> <p>Resp. 5.c) Adenda 2</p>	

Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto (según ZPI)	Mitigación	Reparación/Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo – Página)
						Agua y Suelo			<ul style="list-style-type: none"> - Muestre sedimentos (Materia orgánica, Test TCLP y Granulometría) • Frecuencia y Duración: <ul style="list-style-type: none"> - Trimestral, Fase de construcción 	<ul style="list-style-type: none"> - En esta comunicación se describirá en detalle: El accidente y contingencia, localización y lugar específico de la ocurrencia, identificación de la sustancia, verifida en el accidente (hoja de seguridad) - Si es pertinente, se contactará a la Junta de Vigilancia y/o Comunidades de Agua. • Acciones de Planificación: <ul style="list-style-type: none"> - El encargado de prevención de riesgos y/o de emergencias evaluará la situación y planificará inmediatamente las pausas a seguir. Para ello, deberá tener en cuenta la Autoridad Ambiental las actividades de contención. - Como mínimo deberá considerarse: <ul style="list-style-type: none"> • Aislar las causas del incidente (el es necesario estudiar las investigaciones pertinentes) - Pacificar las fuenas que estén ocasionando la incidencia - Definir las actividades a desarrollar para la contención y remediación - Programación de plazos - Asignación de recursos necesarios y responsables • Contención y remediación <ul style="list-style-type: none"> - Según la gravedad del impacto (Bajo, Medio y Alto) se deberá: <ul style="list-style-type: none"> - Delimitar el área del incidente - Controlar la dispersión del contaminante cuando mangas u otro sistema adecuado - Continuar en caso de emergencia que permita controlar el escape de la sustancia - asegurar el curso natural de las aguas hacia aguas debajo de la descarga, u otra medida apropiada a las condiciones del lugar. - Tomar muestras de las aguas contaminadas para analizar su condición - Recuperar el agua contaminada mediante: recolección manual, disposición de bombas y/o sistemas de aspiración con capacidad suficiente para resolver oportunamente la contingencia - Los residuos recolectados, deberán ser almacenados en recipientes adecuados para ser llevados como residuos peligrosos los que serán llevados hacia un lugar de disposición final debidamente autorizado en la ciudad de Arica. 	<p>Referencia EIA (Capítulo – Página)</p>
		Transporte Residuos				<ul style="list-style-type: none"> - Plan de Prevención y Control de Contaminación de Agua y Suelo 			<ul style="list-style-type: none"> - Plan de Seguimiento Invasivo <ul style="list-style-type: none"> • Puntos Monitoreo (PM): <ul style="list-style-type: none"> - 3 PM aguas arriba del embalse - 3 PM aguas abajo del embalse - 1 PM aguas abajo del embalse • Variables: <ul style="list-style-type: none"> - Matices, Niveles (Perfiles de oxígeno disuelto) - Conductividad eléctrica, Temperatura) - Muestre sedimentos (Materia orgánica, Test TCLP, Granulometría, Potencial REDOX, Metales pesados) • Frecuencia y Duración: <ul style="list-style-type: none"> - Trimestral, Vida útil del embalse 		
	Operación	Llenado y Alineamiento de agua en el embalse	<ul style="list-style-type: none"> Atorción de la calidad del agua embalsada Esmatificación térmica del agua embalsada 	<ul style="list-style-type: none"> 3, 10 3 	<ul style="list-style-type: none"> -56, 90 -60 	<ul style="list-style-type: none"> - Depuración de aguas residuales de la cuenca tributaria. - Reducción (extracción) de la carga de materia orgánica oxidable previo al llenado. Se realizará la extracción de la materia orgánica oxidable. Además, se extraerá la capa superior del suelo para exorcación de aridos, con lo cual disminuirá completamente la carga inicial de materia orgánica presente en el área. - La zona del depósito a las que se aplica se producen principalmente en épocas estivales, lo cual sumado a extracciones programadas favorece el movimiento de las aguas en la cubeta. - Tomas de agua en profundidad del vaso, por medio de la torre de toma. - Limpieza periódica de la zona de la cubeta y las noras del embalse. - Vaciados periódicos totales o parciales del embalse, considerando la técnica del flushing. Esto contribuye 			<ul style="list-style-type: none"> - En caso de detectarse aguas de baja calidad (empesamiento de situación actual) o bajo la norma de origen disuelto para vida silvestre de 5 mg/L, se procederá con lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> - Se dará aviso a la SMA, SEREMI de Salud, Superintendencia de la Región del Sur y Prefectura, dentro de 24 horas de haberse tomado acciones inmediatas. - Se dará aviso a los vecinos, en el caso de requerir adecuaciones en el riesgo - Intensificación del seguimiento a periodicidad mensual, para evaluar comportamiento frente a acciones de remediación. - Extracción de materia orgánica residual, principalmente en la cola del embalse, y sus fibras, para minimizar las fuentes de materia orgánica 		

Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo – Página)
						<ul style="list-style-type: none"> mantener caudales renovadores aguas abajo del Monja del Fishing). Control de actividades en el embalse (prohibición de amojabastos, pesca, etc.) con la entrega de que contribuya a recuperar el contenido de oxígeno disuelto en el agua entregada al cauce. 			<ul style="list-style-type: none"> Puntos Monitoreo (PM): - 1 PM aguas arriba del embalse - 4 PM en el embalse - 5 PM aguas abajo del embalse - 1 PM Formas (desembocadura) • Variables: - Muestra Acosoa (calidad agua según Norma NCh 1333 para todos sus usos) - Muestra de agua corriente (orgánica, Test TCIP y Grandomatita) • Frecuencia y Duración: - Bimestral, VGB, allí del embalse 	<ul style="list-style-type: none"> Variado del embalse, como medida para favorecer la permeabilidad del embalse. - Atención mecánica, para favorecer la operación. - En el caso de presentarse sedimentos con elementos peligrosos en el fondo de la cueba, éstos serán extraídos mediante la técnica adecuada, y depositados en lugares autorizados, siendo manejados como sustancias peligrosas. 	
Flora y Vegetación Terrestre	Construcción	<ul style="list-style-type: none"> Construcción camino de acceso a embalse Despeje de Vegetación Destrucción de canchales 	<ul style="list-style-type: none"> Intervención de formaciones vegetales - Pérdida de Faja de interés especial 	<ul style="list-style-type: none"> 1, 2, 3, 8A, 6B, 7 2, 3 	<ul style="list-style-type: none"> -60, -75, -90, -72, -49,-46 -44, -120 	<ul style="list-style-type: none"> Delineación como áreas de restricción a aquellas formaciones vegetales arbóreas situadas en las áreas de empréstito de roscovm A y C. Estas áreas serán protegidas mediante delimitación con malla camirera. - Prohibición de corte y quema de vegetación fuera de las áreas autorizadas - Disposición de señales y afiches en área de llamas (fomento a la protección vegetal) - Acceso a los frentes de trabajo sólo por los sectores habilitados - Capacitación a los trabajadores (con apoyo de Conaf) 	<ul style="list-style-type: none"> Por intervención de formaciones arbóreas Restauración de comunidad arbórea alta, a una razón de 1 individuo por cada especie Especies: <i>Proserpinaca ruscifolia</i>, <i>Prosopis alba</i> y <i>Schinus molle</i> (ver Anexo 16 de Aditivos 2). Por intervención de <i>Myrica parviflora</i> - Programa de banco de germoplasma de <i>Myrica parviflora</i> en convenio con INIA. - Ensayos de viverización de <i>Myrica parviflora</i> (pacoma) en convenio con alguna organización calificada. - Ensayo de reforestación de <i>Myrica parviflora</i> (pacoma) en convenio con alguna organización calificada. - Organización de talleres de sensibilización con ambientalistas y Conaf. - Plan de rescate y relocalización de individuos de <i>Equisetum giganteum</i>, <i>Sorbus chilobotus</i> y <i>Conocarpus chilensis</i> para ser relocalizados en obras de construcción del embalse. Plan de rescate y relocalización de <i>Haageocereus chilensis</i>, <i>Camulepunta sphacelata</i>, <i>Phoradendron chilense</i>, <i>Cestrum chilense</i>, <i>Opuntia chilensis</i>, <i>Calla</i> y <i>Cistanche maritima</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Plan de Seguimiento y Evaluación del Predominio Vegetacional • Puntos Monitoreo (PM): - Lugares de reforestación/relocalización (se definen en coordinación con CONAF) • Variables: - Supervivencia - Color de la planta - Altura - Manejo del tallo (tallo xarofítico) - Manejo de la terna • Frecuencia y Duración: - Iniciar: 16 días - Finalizar: durante primeros 6 meses - Sembrar: desde primeros 6 días 	<ul style="list-style-type: none"> Reforestación formaciones arbóreas - En el caso no se logre un 75% ó más de predominió, o las plantas se encuentren en condiciones de escasa probabilidad de supervivencia se aplicará: - Repetición del ensayo de reforestación, con tal de lograr la superficie de compensación comprometida. - Repoblación de Formaciones Xerofíticas - En el caso que no se logre un 75% ó más de predominió, o las plantas se encuentren en condiciones de escasa probabilidad de supervivencia, se aplicará: - Reemplazamiento mediante esquejes, en base a individuos que no hayan sido afectados por el proyecto, con tal de lograr la superficie de compensación comprometida. 	<ul style="list-style-type: none"> Cap. 4 Pág. 37,30; Cap. 5 Pág. 14,15; 30 Cap. 6 Pág. 3 Resp. 4.2.2 Admoca 1 Anexo 11 Admoca 1 Resp. 6.3 Admoca 2 Resp. 6.3 Admoca 2 Resp. 6.4 Admoca 2 Anexo 16 Admoca 2 	
	Operación	Operación del embalse (entrega de agua para riego)	Disminución de cobertura vegetal	10	-46,5	Mantenimiento de aporte hídrico según Plan de Operación.		<ul style="list-style-type: none"> Plan de Vigilancia Humedal Desembocadura río Luda • Puntos Monitoreo (PM): - 3 PM por cada tipología vegetal • Variables: - Cobertura según tipología de 	<ul style="list-style-type: none"> En virtud de los resultados del Plan de Vigilancia, se estará atento a modificaciones en las condiciones básicas del humedal (Evaluación Inicial). Al respecto, al encontrarse situaciones de cambios significativos se tomarán las siguientes acciones: - Se carta aviso a la SMA, Municipalidad de Arica, 	<ul style="list-style-type: none"> Anexo 16 Admoca 1 Pág. 17-18 Anexo 10 Admoca 2 	

Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación/ Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo - Página)
Fauna Terrestre	Construcción	<p>Construcción camino de acceso a embalse</p> <p>Instalación de las dependencias</p> <p>Despeje de Vegetación</p> <p>Desviación de cauce</p> <p>Excavación zona de emplazamiento de la presa</p>	<p>Intervención de Hábitat</p> <p>Afectación de especies de interés especial</p>	<p>1, 2, 3, 5, 6A, 6B</p>	<p>-100, -90, -105, -75, -80, -60</p>	<p>- Prohibición de fogatas y quema de vegetación nativa que arrinjen hábitats y desechos en sitios no autorizados</p> <p>- Control de tránsito y circulación de vehículos y maquinaria</p> <p>- Capacitación de trabajadores</p> <p>- Rescate y Relocalización de fauna terrestre y anfibios de baja movilidad (ares de inundación)</p>	<p>Reparación/ Restauración</p>	<p>Compensación</p>	<p>vegetación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Composición y abundancia de especies según tipo de vegetación - Frecuencia y Duración: - Evaluación inicial (construcción): - Bimensual, 3 años - Seguimiento operado: - Bimensual, 10 años 	<p>CMN y SAG de la Región de Arica y Parícuta, con quienes se coordinará las acciones inmediatas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En el caso de detectar un bajo nivel de aporte hídrico se incrementará el caudal liberado a pie de presa - Se analizará eventuales extracciones de agua adicionales a las proyectadas en el cauce del río Luta. - Se analizará las condiciones de calidad de aguas y biota acuática para comprobar eventuales anomalías. - En el caso de identificar alteraciones debido a bajos aportes de sedimentos se intensificará la periodicidad del flushing para el periodo siguiente. - Se mantendrá el seguimiento de poblaciones de peces en las zonas de liberación a niveles normales según la línea de base. 	<p>Referencia EIA (Capítulo - Página)</p>
		<p>Perforaciones y Tronaduras</p>	<p>Perforaciones y Tronaduras</p>	<p>1, 2, 3, 5, 6A, 6B</p>	<p>-100, -90, -105, -75, -80, -60</p>	<p>- Control de tránsito y circulación de vehículos y maquinaria</p> <p>- Capacitación de trabajadores</p> <p>- Rescate y Relocalización de fauna terrestre y anfibios de baja movilidad (ares de inundación)</p>	<p>Reparación/ Restauración</p>	<p>Compensación</p>	<p>Plan de Seguimiento Relocalización fauna terrestre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puntos Monitoreo (PM): - Lugares de relocalización - Variables: - Abundancia relativa de especies - La liberación de los microinvertebrados capturados, no será a las 8 hrs. post captura. - La liberación de los reptiles capturados, esta no debe ser superior a las 4 hrs. post captura - Frecuencia y Duración Post-captura: - Evaluación inicial: - 1° mes: semanal - 2° mes: quincenal - 3° mes: 1 vez al fin del periodo - La frecuencia de monitoreo post relocalización será de una vez por semana durante el primer mes, cada 15 días el segundo mes y uno al final del 3 mes <p>Seguimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bimensual, durante la fase de construcción 	<p>Plan de Seguimiento Relocalización fauna terrestre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puntos Monitoreo (PM): - Lugares de relocalización - Variables: - Abundancia relativa de especies - La liberación de los microinvertebrados capturados, no será a las 8 hrs. post captura. - La liberación de los reptiles capturados, esta no debe ser superior a las 4 hrs. post captura - Frecuencia y Duración Post-captura: - Evaluación inicial: - 1° mes: semanal - 2° mes: quincenal - 3° mes: 1 vez al fin del periodo - La frecuencia de monitoreo post relocalización será de una vez por semana durante el primer mes, cada 15 días el segundo mes y uno al final del 3 mes <p>Seguimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bimensual, durante la fase de construcción 	<p>Cap. 4 Pág. 40-45 Cap. 5 Pág. 15-18 Cap. 6 Pág. 3 Resp. 2.5 Párrafo 3</p>
	Operación	Operación del embalse (entrega de agua)	Disminución de cobertura vegetal	10	-45.5	Mantenimiento de aporte hídrico (caudal de operación)			<p>Plan de Vigilancia Humedal Drenobautura río Luta</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puntos Monitoreo (PM): - 5 PM por cada tipología de hábitat - Variables: - Composición y abundancia relativa de aves, mamíferos, reptiles y anfibios - Frecuencia y Duración: - Evaluación inicial (construcción): 	<p>En virtud de las reguladas del Plan de Vigilancia, se estará atento a modificaciones en las condiciones básicas del humedal (Evaluación inicial). Al respecto, al encontrarse situaciones de cambios significativos se tomarán las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se envía aviso a la SMA, Municipalidad de Arica, CMN y SAG de la Región de Arica y Parícuta, con quienes se coordinará las acciones inmediatas. 	<p>Anexo 19, Anexo 1 Plan 7.5.8 Anexo 10, Anexo 2</p>

Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación/ Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo – Página)
									<ul style="list-style-type: none"> - Cuatrimestral, 3 años - Seguimiento (operación): - Bimensual, 10 años 	<ul style="list-style-type: none"> - En el caso de detectar un bajo nivel de aporte de agua se incrementará el caudal liberado a pie de presa. - Se analizará eventuales extracciones de agua adicionales a las proyectadas en el cauce del río Luján. - Se analizará las condiciones de calidad de aguas y biota acuática para comprobar eventuales anomalías. - En el caso de identificar alteraciones debido a bajos aportes de sedimentos se intensificará la periodicidad del flushing para el período siguiente. - Se intensificará el seguimiento de poblaciones bentónicas y macroinvertebrados a niveles normales según la línea de base. 	
									<ul style="list-style-type: none"> - Plan de Resorte y Relocalización de embalses - Plan de Intervención Controlada del cauce del río Luján - Plan de Prevención y Control de Contaminación de Aguas - Disposición de Señales y Afiches - Capacitación a los Trabajadores 		
									<ul style="list-style-type: none"> - Plan de monitoreo (PM): - EF01, EF02, EF03, EF04, EF05, EF05, EF07, EF08, EF09, EF10, EF11, EF12, EF13 (Anexo 12 Adenda 2) - Variables: - Condiciones del hábitat: - Flora acuática - Zoolentos - Fauna íctica y crustáceos: <i>Basilichthys senegalensis</i> (pejerrey andino), <i>Mugil cephalus</i> (lisa), y <i>Cyphocharax comarrhini</i> (camarón del norte) - Anfíbios - Frecuencia y Duración: - Trimestral, durante la fase de construcción 		
	Construcción	Desviación de cauce	Alteración de hábitat Acuático	1, 2, 5, 6A, 6B	-100, -65, -75, -90, -00				<ul style="list-style-type: none"> - Plan de seguimiento flora y fauna acuática - Puntos Monitoreo (PM): - EF01, EF02, EF03, EF04, EF05, EF07, EF08, EF09, EF10, EF11, EF12, EF13 (Anexo 12 Adenda 2) - Variables: - Condiciones del hábitat - Flora acuática - Zoolentos - Fauna íctica y crustáceos: <i>Basilichthys senegalensis</i> (pejerrey andino), <i>Mugil cephalus</i> (lisa), y <i>Cyphocharax comarrhini</i> (camarón del norte) - Anfíbios - Frecuencia y Duración: - Trimestral, durante la fase de construcción 		
									<ul style="list-style-type: none"> - Aviso de inmediato a la SMA, Subsecreta y Semipresca de la Región de Antioquia y Palmito, con quienes se coordinará las acciones inmediatas. - Retiro de pocos muertos, y aplicación en una zona con presencia de la especie. - Según sea pertinente, se solicitará a la DGA investigar eventuales extracciones de agua autorizadas a las proyectadas en el cauce del río Luján, según condiciones de agua asignadas a los represas. - Se analizará las condiciones de calidad de aguas y biota acuática para comprobar eventuales anomalías. - Se intensificará el seguimiento de poblaciones bentónicas y macroinvertebrados a niveles normales de recuperación (línea de base y plan de seguimiento previo). Si al cabo de un año de monitoreo intenso, las 		<ul style="list-style-type: none"> - Cap. 4 Pág. 49 - Cap. 5 Pág. 15-16; - Cap. 5 Pág. 3,6 - Anexo 6 Adenda 1 - Resp. 2.4 Adenda 2
Flora y Fauna Acuática	Operación	Llenado y Almacenamiento de agua en el embalse	Alteración de Hábitat y Flora y Fauna Acuática	3, 10	-84, -84	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar de Caudal de Operación Mínimo - Eventual Plan de resorte y relocalización de fauna acuática en el sector de la presa (según proceda) - Estudio específicos de curvas de preferencia de hábitat para <i>Basilichthys senegalensis</i> (pejerrey del norte), <i>Mugil cephalus</i> (lisa), <i>Cyphocharax comarrhini</i> (camarón del norte) y <i>Rivulus marmoratus</i> (lisa) en el río Luján, el cual será presentado previo a operación del embalse. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rehabilitación de hábitats para embalses en la zona del embalse 	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuencia y Duración: - Bimensual, durante los primeros 6 años de operación. Luego, de acuerdo a los resultados de diagnóstico de continuidad con los expertos competentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de seguimiento intenso 		

Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo – Página)
		<ul style="list-style-type: none"> Instalación mano de obra Construcción camino Explotación Explotación Inclusión de las dependencias 	<ul style="list-style-type: none"> Intervención geográfica (ocupación de vías de comunicación terrestre pública) Dinámica demográfica (Aumento de población flotante) Intervención de Saneamiento de la población 	<ul style="list-style-type: none"> 9, 13 13 9, 13 	<ul style="list-style-type: none"> 80, -25 -30 -64, -105 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitación a trabajadores respecto de las culturas originarias y sitios de interés cultural próximos al área de estudio. Además, se realizarán actividades con la población de recolectar alimentos tradicionales y arqueológicos. Deposición de esbozos en las mesas de trabajo con el objeto de agilizar la conservación y protección de los elementos de valor patrimonial en las proximidades del proyecto. Esta medida es aplicable tanto en el área de inundación, sector de camino y área de extracción de materiales. Se implementará un plan de información a la comunidad de las actividades que provocarán molestias, previo a su ejecución. Esta información deberá considerarse en los estudios generales sobre las actividades que se realizarán en el área de estudio y en las actividades asociadas para la población y las medidas a implementar. Especial atención se prestará las actividades de transporte por la Ruta A-15. Coordinación con organismos locales para las fechas de realización de festividades culturales tradicionales, con el objeto de coordinar las medidas tendientes a no interferir tales iniciativas. Se trabajará en forma coordinada con la Municipalidad de Añasi, con el objeto de implementar un plan de optimización de mano de obra local de tal forma de promover la obra de mano de obra local para residentes del Valle de Luta y la ciudad de Añasi. 		<ul style="list-style-type: none"> Se activará cuando existan situaciones imprevistas de disminución de las especies nativas poblacionales de las especies de aves (Chalcophaps indica, M. capensis (Less) y Cryptops cameronius (Günther)). • Puntos Monitoreo (PM): <ul style="list-style-type: none"> PM1: Ch-03, Ch-04, Ch-05, Ch-06, Ch-07, Ch-08, Ch-09, Ch-10, Ch-11, Ch-12, Ch-13 (Anexo: 12 Adenda 2) • Variables: <ul style="list-style-type: none"> - Condiciones del hábitat - Pizarra acústica - Zóocentos - Fauna íctica y crustácea: <i>Basilichthys semotilus</i> (Pejerrey andino), <i>Mugil cephalus</i> (Lis), y <i>Cryptops cameronius</i> (Günther del norte) • Frecuencia y Duración: Trimestral, durante 5 años, evaluando la recuperación de las poblaciones de las especies nativas. El seguimiento se terminará el seguimiento bianual. 	<ul style="list-style-type: none"> poblaciones ícticas de las especies mencionadas no tienen una recuperación normal (natural), se evaluará con la autoridad competente la autorización de un plan de restauración, el cual debe estar acorde con la magnitud de la disminución de las poblaciones y su posible causa. - Acondicionamiento de hábitats mediante: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Chalcophaps cameronius</i>, <i>M. capensis</i> y <i>Cryptops cameronius</i>, si se requiere. • Equipamiento de una Autoridad Competente frente a un eventual período de sequía, de acuerdo a criterios locales de la DGA. 		

Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo – Página)
Medio Humano	Construcción	<ul style="list-style-type: none"> Instalación de las dependencias Extracción y movimiento de tierra Planta de Hormigón y Polvo Botaderos 	<ul style="list-style-type: none"> Afectación de patrimonio arqueológico 	<ul style="list-style-type: none"> 1, 2, 3 	<ul style="list-style-type: none"> Severo, Moderado, Severo 	<ul style="list-style-type: none"> Sitio de Obras Definición de áreas de restricción para sitios próximos al camino de acceso que no serán intervenidos (Ch-10, Ch-12, Ch-14, Ch-17, Ch-18, Ch-19, Ch-20, Ch-21, Ch-22, Ch-23 y Ch-27). Capacitación a los Trabajadores. Charlas de inducción referente al patrimonio arqueológico a todos los trabajadores que participan en el proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> Reparación / Restauración 	<ul style="list-style-type: none"> Plan de Rescate Arqueológico en el Área de Inundación (Ch-01, Ch-02, Ch-03, Ch-04, Ch-05, Ch-06 y Ch-07) 	<ul style="list-style-type: none"> Plan de Seguimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Plan de Contingencia 	<ul style="list-style-type: none"> Cap. 4 Pág. 58-59 Cap. 5 Pág. 22-23, 33 Cap. 6 Pág. 4 Respo. 3.1 Adenda 1 Respo. 2.3 Adenda 2 Respo. 5.10 Adenda 2

Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Cuadrificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo – Página)
					<p>- Cercado de protección temporal (Ch-10, Ch-12, Ch-14, Ch-17, Ch-18, Ch-19, Ch-20, Ch-21, Ch-22, Ch-23 y Ch-27).</p> <p>- Plan de monitoreo arqueológico y de Contingencia. Ante el hallazgo de cualquier evidencia arqueológica, las labores cesarán inmediatamente y se procederá a la excavación de emergencia de Monumento Nacional, con quien se definan los pasos a seguir.</p> <p>- Cubrimiento de bloques de arte rupestres mediante una malla geotextil respirable, fijada en los bordes mediante piedras u otro sistema de sujeción removible. Se aplicará durante la fase de construcción, específicamente durante las labores de excavación y movimientos de tierra.</p> <p>Sitio Millune</p> <p>- El sitio arqueológico de Millune será completamente cercado con materiales viables y resistentes a las intemperias del tiempo.</p> <p>- Se instalará señalética respecto a su condición de Monumento Nacional / las penas asociadas a su alteración.</p> <p>- Como parte del plan de monitoreo del proyecto, el sitio será inspeccionado por un especialista durante la fase de construcción con el fin de determinar el nivel de riesgo, para verificar su estado y la condición de los techos y señalética.</p>			<p>24). - Registro detallado de elementos de los sitios arqueológicos Ch-07, Ch-08, Ch-10, Ch-12, Ch-14, Ch-15, Ch-16 y Ch-25. - Elaboración de Material Audiovisual de actividades de rescate. - Elaboración de actividades de rescate. - Charlas a la comunidad sobre resultados de investigaciones arqueológicas en el área del proyecto. - Estudio Plan de Actividades de Yacimiento Millune. - Yacimiento Millune. - Aspectos indicados en la Avenida 2, Anexo ZZ. Se presentará su programación, ejecución y detalles a los participantes al CMN al comienzo de la fase de construcción.</p>	<p>- Registro del estado de los sitios arqueológicos (características estructurales, dimensiones, estado de conservación, según corresponda) - Registro del estado de las medidas de protección implementadas en el sitio (estado de conservación de cercos, distanciamiento del cercado, señalética). - Frecuencia y Duración: - Bimensual durante la fase de construcción</p>	<p>Nacionales, con quien se definan los pasos a seguir.</p>	<p>Resp. 6.15 Avenida 2 Anexo ZZ Avenida 2 Resp. 3.1 Avenida 3</p>
	Operación	Operación del Embalaje	Afectación de arqueológico					<p>Se presentará su programación, ejecución y detalles a los participantes al CMN al comienzo de la fase de construcción.</p>	<p>- Registro del estado de los sitios arqueológicos (características estructurales, dimensiones, estado de conservación, según corresponda) - Registro del estado de las medidas de protección implementadas en el sitio (estado de conservación de cercos, distanciamiento del cercado, señalética). - Frecuencia y Duración: - Bimensual durante la fase de construcción</p>	<p>Se presentará su programación, ejecución y detalles a los participantes al CMN al comienzo de la fase de construcción.</p>	
	Operación	Operación del Embalaje	Afectación de arqueológico					<p>Se presentará su programación, ejecución y detalles a los participantes al CMN al comienzo de la fase de construcción.</p>	<p>- Registro del estado de los sitios arqueológicos (características estructurales, dimensiones, estado de conservación, según corresponda) - Registro del estado de las medidas de protección implementadas en el sitio (estado de conservación de cercos, distanciamiento del cercado, señalética). - Frecuencia y Duración: - Bimensual durante la fase de construcción</p>	<p>Se presentará su programación, ejecución y detalles a los participantes al CMN al comienzo de la fase de construcción.</p>	

Componente Ambiental	Fase del Proyecto	Acciones del Proyecto	Impacto Ambiental	Zona de Probabilidad de Impacto (ZPI)	Calificación Ambiental del Impacto-CAI (según ZPI)	Mitigación	Reparación / Restauración	Compensación	Plan de Seguimiento	Plan de Contingencia	Referencia EIA (Capítulo - Página)
									<ul style="list-style-type: none"> Registro del estado de los sitios arqueológicos (dimensiones, estructuras, estado de conservación, según correspondía) Frecuencia y Duración: <ul style="list-style-type: none"> Bianual durante los primeros 5 años de la fase de operación 		
Paisaje	Construcción	<ul style="list-style-type: none"> Construcción camino Construcción embalses Yacimiento extracción y procesamiento de material Botaderos Construcción de obras de desviación Construcción del muro 	Incorporación de medidas de mitigación discordantes en el paisaje	1, 2, 3, 5, 6A, 6B, 7	-90, -60, -90, -70, -55, -50, -70	Mitigación	Reparación / Restauración	<ul style="list-style-type: none"> Habilitación de áreas afectadas en el muro de la presa del embalse. El diseño y su localización se presentarán para la validación previo a su implementación. 	Plan de Contingencia	<ul style="list-style-type: none"> Referencia EIA (Capítulo - Página) Cap. 4 Pág. 60-61 Cap. 5 Pág. 37 Resp. 6.9 Adenda 2 	