

ANEXO 17

OPERACIÓN DE LAS CENTRALES ALFALFAL II Y LAS LAJAS

1 INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos son esencialmente aleatorios y varían entre años y a lo largo del año, según el ciclo hidrológico.

El estudio hidrológico del PHAM ha permitido disponer de series completas de caudales medios mensuales en todos los puntos de captación, para un periodo de 50 años. Esto hace posible analizar el perfil hidráulico de las centrales para diversos escenarios.

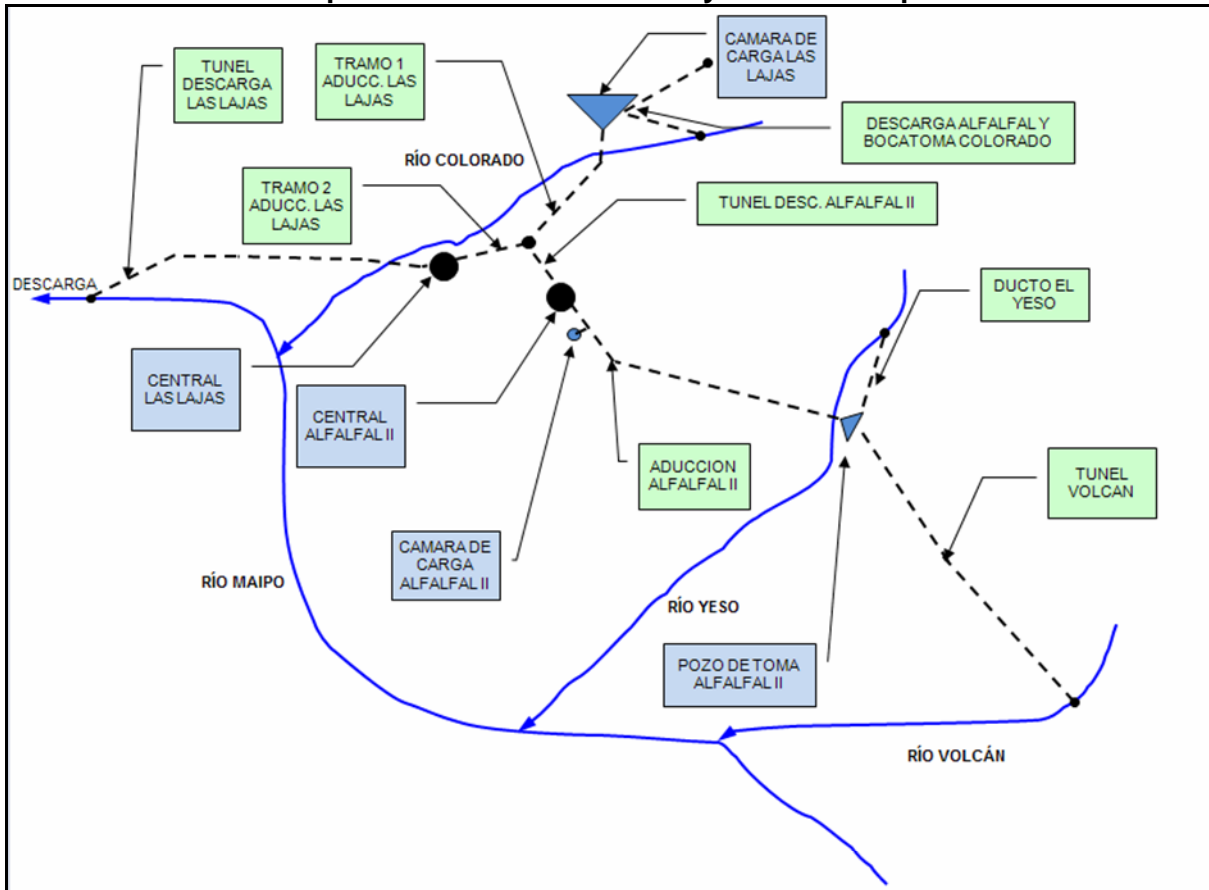
En el presente documento se describe la operación normal de las centrales del PHAM (régimen permanente), así como también la operación en contingencia (régimen transitorio) que ocurre en los casos de toma o rechazo de carga (partidas o paradas bruscas de la central), para diversas combinaciones de caudales.

En el caso de la central Alfalfal II, el circuito del agua se ha dividido en dos sistemas: obras de cabecera y sistema en presión. Dentro de las obras de cabecera, se incluyen las captaciones en la parte alta del río Volcán, la captación en el río Yeso y el túnel Volcán. Todo este sistema concluye en un pozo de toma ubicado en la ribera izquierda del río Yeso, que es el punto de enlace con el sistema en presión. El perfil piezométrico de este último sistema es el que condiciona directamente la mayor o menor generación de energía de la central Alfalfal II.

En el caso de la central Las Lajas, también es posible dividir el circuito del agua en dos sistemas: Obras de cabecera y sistema de túneles en presión. En el sistema de cabecera, se incluyen todas las obras hidráulicas que permiten alimentar el estanque de carga; este último constituye la cámara de carga de la central las Lajas, de modo que es el punto de enlace para el cálculo del sistema en presión.

En la Figura 1.1 se presenta un esquema general de la disposición de las obras que conforman el circuito hidráulico de las dos centrales del proyecto Alto Maipo.

Figura 1.1
Esquema de las Obras del Proyecto Alto Maipo



La cuenca del Alto Maipo, donde están emplazadas las obras, tiene un régimen hidrológico del tipo nivo – pluvial, por lo que desde el punto de vista operacional de las centrales es necesario distinguir dos períodos bien definidos: el período de primavera - verano, en el se producen los deshielos, y el período de otoño – invierno, que corresponde al período de precipitaciones, en que estas se manifiestan mayoritariamente en forma de nieve.

2 OPERACIÓN NORMAL O EN RÉGIMEN PERMANENTE

2.1 CENTRAL ALFALFAL II

Para definir los criterios operacionales de la central Alfalfal II se distinguen dos períodos a lo largo del año: Primavera - Verano y Otoño - Invierno.

2.1.1 Criterios Operacionales

a) Primavera – Verano (octubre a abril)

Durante el período de primavera - verano o de deshielo, el régimen nival de los cauces en que se ubican sus captaciones permite que las bocatomas tengan disponibles caudales cercanos o superiores a los de diseño. Por lo tanto, la central funciona captando y generando el caudal disponible en cada bocatoma, entendiendo como caudal disponible aquel limitado superiormente por los derechos de agua e inferiormente por los caudales ecológicos, en cada punto de captación.

Los caudales efectivamente captados están sujetos a su vez a limitantes de diseño y operacionales: Por el lado del diseño, los caudales captados están limitados por la capacidad máxima de las bocatomas y el caudal de diseño de las conducciones y, en el aspecto operacional, por la disponibilidad de recursos en cada captación.

La principal bocatoma de la central Alfalfal II es la ubicada en el río Yeso, aguas abajo del embalse El Yeso, con una capacidad cercana al 50% del caudal de diseño total de la central. Idealmente, durante el período de verano, la central funcionará con la captación El Yeso, y completará su caudal de diseño con las bocatomas de la cuenca alta del río Volcán.

No obstante lo anterior, el caudal disponible en el río Yeso depende de la operación por terceros del embalse El Yeso. Por lo tanto, en caso que el operador del embalse El Yeso mantenga los efluentes del embalse bajo los niveles esperados en el período estival, la central Alfalfal II puede maximizar sus caudales de deshielo disponibles, captando hasta copar la capacidad de diseño de las bocatomas de la cuenca alta del río Volcán.

b) Otoño – Invierno (mayo – septiembre)

En el período de otoño - invierno, que corresponde a los meses de caudales mínimos, la central Alfalfal II sólo puede operar con los caudales disponibles en los cauces, que son inferiores a los caudales de diseño de la central.

De acuerdo al estudio hidrológico del proyecto y a los resultados del Modelo de generación de Energía desarrollado para este proyecto, los caudales promedio de generación en la central Alfalfal II son los que se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1
Caudales Promedio Mensual de Generación Central Alfafal II (m³/s)

Meses	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Prom
Caudal Gen.	3.9	10.7	9.6	24.0	25.3	23.2	16.7	10.5	6.4	10.0	4.9	4.8	12.5

c) Distintos escenarios de operación

Con el objeto de calcular los niveles piezométricos en diferentes puntos del sistema de aducción, se han definido algunos escenarios típicos de operación para los períodos de verano e invierno, los cuales se presentan en la tabla 2.2. La definición de caudales se explica en la Figura 2.1.

Tabla 2.2
Escenarios tipo de Operación

Período (Escenario)	Q ₁₁ m ³ /s	Q ₁₂ m ³ /s	Q ₁₃ m ³ /s
Caudal Máximo	15,0	12,0	27,0
Diciembre 1995	0,0	12,8	12,8
Noviembre 1968	8,3	0,7	9,0
Caudal promedio de invierno	5,0	2,0	7,0

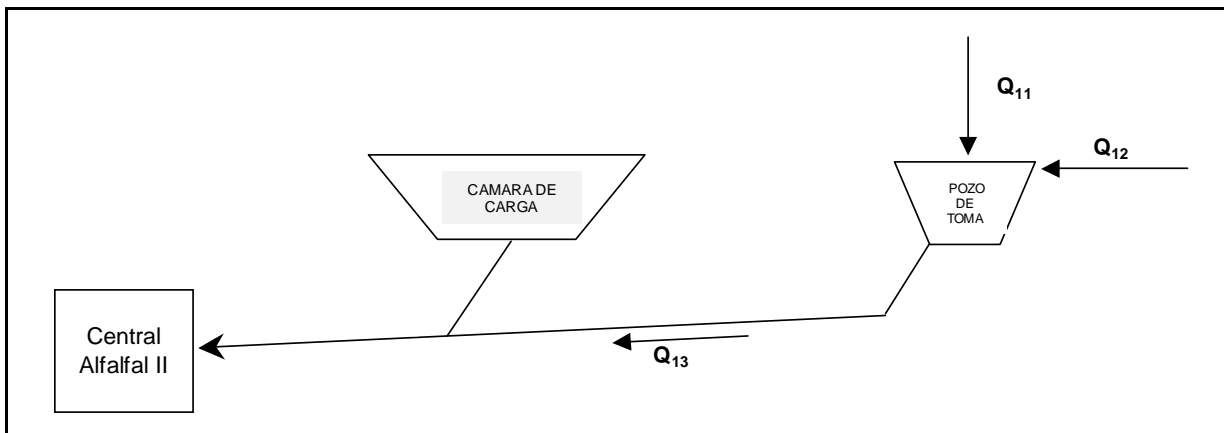


Figura 2.1: Esquema de caudales afluentes a central Alfafal II

- Q₁₁ = Aporte desde embalse El Yeso.
- Q₁₂ = Aporte desde cuenca alta río Volcán.
- Q₁₃ = Caudal aducción central Alfafal II

2.1.2 Niveles Piezométricos en Obras de Cabecera

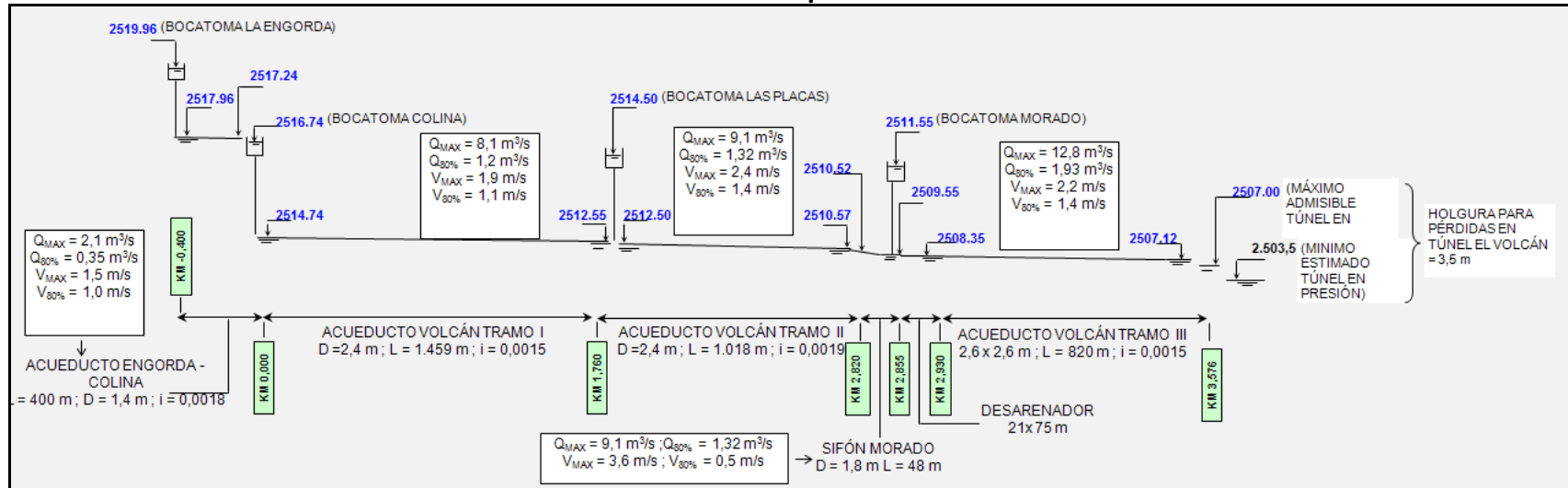
Desde el punto de vista del perfil piezométrico, la central Alfalfal II presenta dos sistemas bien definidos, siendo el pozo de toma, ubicado en el valle del río Yeso, el punto de enlace de ambos sistemas. Se trata de una pequeña obra de toma y estabilización, que permite asegurar un nivel estable en el inicio de la aducción de la central. Su volumen total es de 14.700 m³ y su volumen útil de 10.000 m³.

Para efectos de esta descripción, se denominan obras de cabecera aquellas ubicadas aguas arriba del pozo de toma y que incluye dos ramales: la conducción que viene desde la parte alta del río Volcán y la conducción por donde escurre el aporte de la bocatoma del río Yeso.

El ramal desde el río Volcán incluye las 4 bocatomas del río Volcán, las cuales entregan su caudal a un acueducto de dimensiones variables. En la figura 2.2 aparece el perfil piezométrico de este tramo, el cual se inicia con la bocatoma La Engorda y que termina en la obra de entrega al túnel El Volcán.

Cabe señalar que el diseño se ha realizado de modo que la bocatoma Colina se ubique en la elevación 2.516 msnm, de manera que su posición no intervenga las veranadas de la planicie de Colina y La Engorda. Dicha condición de borde implica que el nivel máximo admisible del eje hidráulico en el portal de entrada del túnel El Volcán corresponde a la elevación 2.507 msnm.

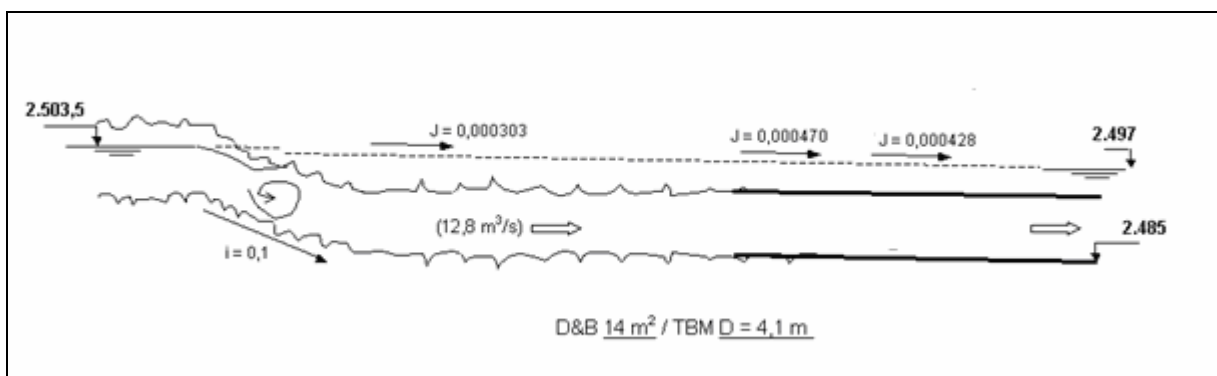
Figura 2.2
Perfil Hidráulico Esquemático Sistema Alto Volcán



El perfil piezométrico del túnel El Volcán corresponde a un túnel compuesto por un tramo excavado con TBM $D = 4,1$ m y un tramo de excavación convencional de sección 14 m², los cuales presentan escurrimiento en presión y cuyo perfil piezométrico aparece graficado en la Figura 2.3, para el caudal máximo de $12,8$ m³/s.

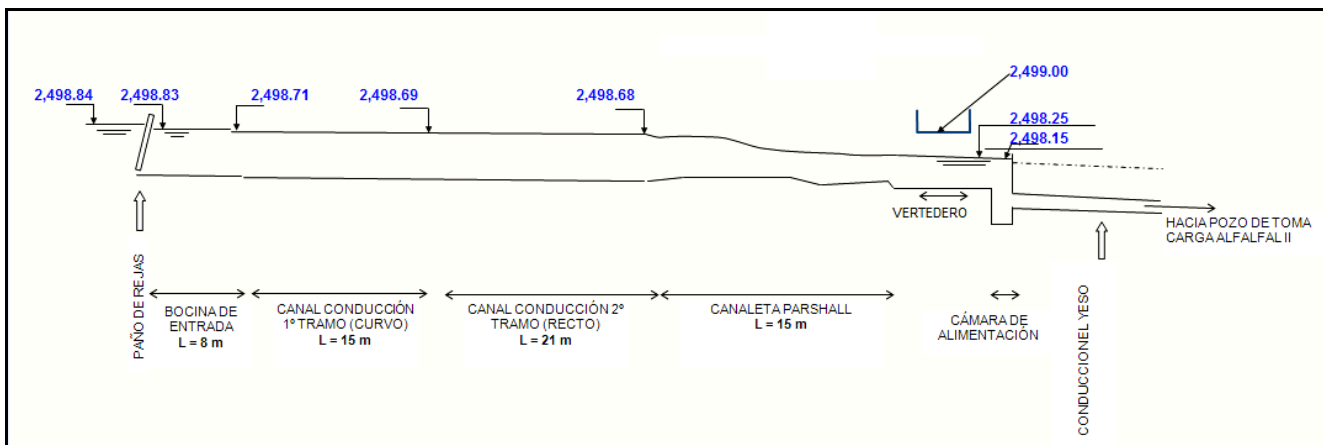
Cabe señalar que el escurrimiento en el túnel El Volcán será en presión, ya que el nivel piezométrico en el pozo de toma se ubica en la elevación 2.497 msnm.

Figura 2.3
Perfil Piezométrico Túnel El Volcán

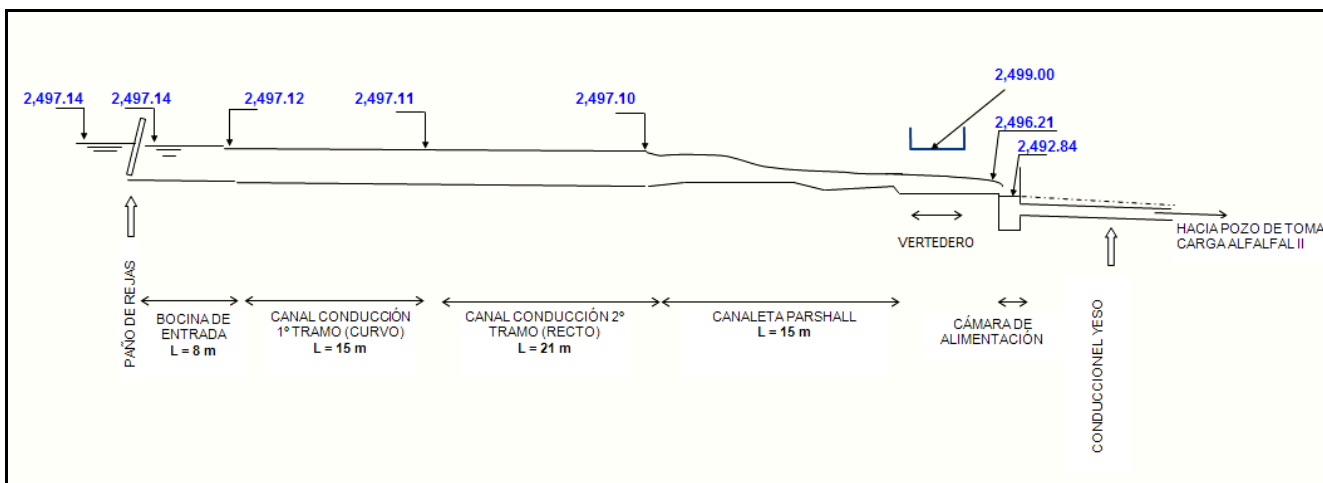


El caudal captado en la bocatoma del río Yeso es conducido al pozo de toma de Alfalfal II mediante un ducto de hormigón armado de sección $2,8 \times 2,8$ m. Los perfiles piezométricos que aparecen en las Figuras 2.4 a) y b) respectivamente, consideran que en el pozo de toma de Alfalfal II el nivel máximo sería del orden de 2.497 msnm.

Figura 2.4
Perfil Piezométrico Aducción Bocatoma Yeso



a) Caudal Máximo ($15 \text{ m}^3/\text{s}$)



b) Caudal Mínimo ($3,4 \text{ m}^3/\text{s}$ – 80% probabilidad de excedencia)

Tal como se aprecia en la Figura 2.4, el escurrimiento desde el paño de rejas de la bocatoma del río Yeso hasta aguas abajo de la canaleta Parshall, escurre en superficie libre. Como la conducción del pozo de toma de Alfalfal II se contempla en presión, se considera una cámara de alimentación que permita realizar la transición entre flujo en superficie libre y flujo en presión.

2.1.3 Perfiles piezométricos del sistema de generación

Para la determinación del perfil piezométrico de la central Alfalfal II, se ha considerado la configuración geométrica presentada en la figura 2.5.

Dada la variabilidad de los recursos hídricos disponibles, se han considerado los escenarios de operación indicados en la tabla 2.2. Los tres primeros escenarios corresponden a una situación típica de verano, mientras que el restante es representativo de la época de invierno.

Los resultados se presentan en la tabla 2.3, donde se indican los caudales considerados, los niveles piezométricos de los vértices indicados en la figura 2.5 y la altura neta de generación.

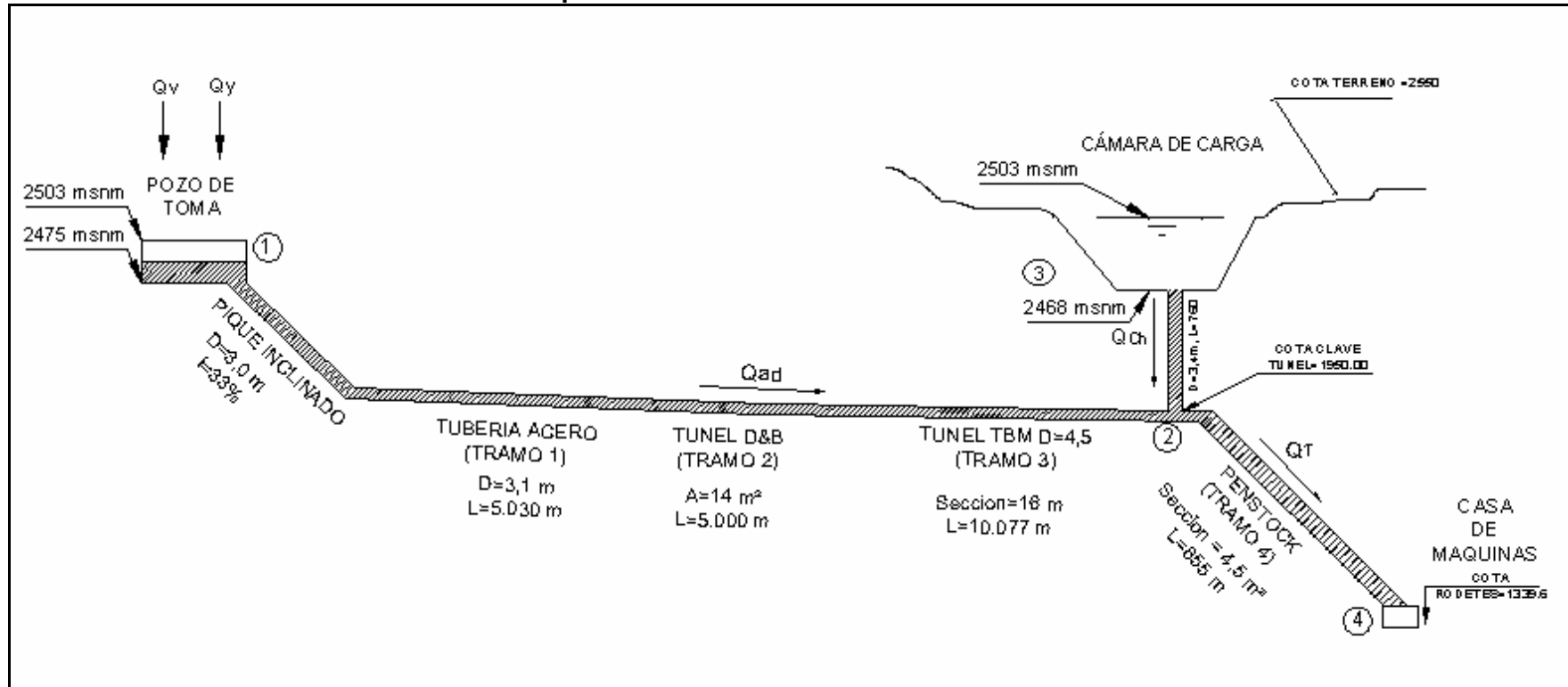
Tabla 2.3
Niveles piezométricos central Alfalfal II

Escenario	Qv	Qy	Qad	Cota Piezométrica (msnm)				Altura Neta
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	Z1	Z2	Z3	Z4	(m)
Qmax	12,0	15,0	27,0	2497,0	2469,5	2469,5	2461,7	1120,3
Verano (Dic. 1995)	2,0	10,0	12,0	2497,0	2491,6	2491,6	2490,0	1148,6
Verano (Nov. 1968)	2,0	7,0	9,0	2497,0	2493,9	2493,9	2493,1	1151,7
Invierno	2,0	5,0	7,0	2497,0	2495,2	2495,2	2494,6	1153,2

Los resultados presentados en la tabla anterior consideran que el nivel piezométrico en el pozo de toma en el río Yeso (Z1) tiene una cota máxima de 2.497 m s.n.m. de tal manera de no ahogar las captaciones del Yeso y del Volcán, situación que de producirse limitaría la capacidad de captación de las obras de toma.

La última columna de la tabla 2.3 indica que la altura neta de generación varía entre 1.120,3 y 1.153,2, siendo la altura bruta de caída igual a 1157,4 m.

Figura 2.5
Esquema del Perfil de Generación de la Central Alfafal II



2.2 CENTRAL LAS LAJAS

2.2.1 Criterios operacionales

a) General

La central Las Lajas está en serie hidráulica con la central Alfalfal II, pero sus características operacionales son diferentes.

El restablecimiento del régimen natural del río Maipo obliga a que la operación de las obras superficiales de la central Las Lajas no sólo asegure las condiciones de generación de esta central sino que, además, permitan reestablecer los caudales modificados por la operación, especialmente durante un rechazo de carga de la central. Luego, la cámara de carga de la central Las Lajas debe operar como estanque de seguridad para la eventualidad de la salida de servicio de las centrales.

Además, esta cámara de carga permite captar y regular los recursos provenientes de la central Alfalfal y de la cuenca del río Colorado, obteniendo así un nivel estable de generación para Las Lajas. Esta obra tiene un volumen útil de aproximadamente 300.000 m³.

Dada la variación que experimenta el caudal en los cauces de la cuenca, aún cuando la central Las Lajas es una central de pasada, en su operación se deben distinguir también dos períodos: Primavera - Verano y Otoño - Invierno.

b) Primavera – Verano (Octubre a abril)

Durante el período de verano o deshielo, el régimen nival de los cauces en que se ubican las captaciones de Alfalfal II permite que esta central opere en este período como una central de pasada típica. En esta situación, las bocatomas captan caudales muy cercanos a sus capacidades máximas o de diseño.

El criterio operacional de la central Las Lajas se limita entonces a captar y generar todo el caudal disponible en cada bocatoma, entendiendo como caudal disponible aquel acotado superiormente por los derechos de agua e inferiormente por los caudales ecológicos, en cada punto de captación.

Los caudales efectivamente captados están sujetos a su vez, a limitantes de diseño y operacionales: Por el lado del diseño, los caudales captados están limitados por la capacidad de diseño de las captaciones y de las conducciones y, en el aspecto operacional, por la disponibilidad de recursos en cada captación.

Las principales captaciones de la central Las Lajas son las provenientes de la descarga de la central Alfalfal (hasta 30 m³/s), de la central Alfalfal II (hasta 27 m³/s) y de la bocatoma Maitenes (hasta 10 m³/s). La cámara de carga de las Lajas recibe los aportes de la descarga de Alfalfal y de la bocatoma Maitenes, aportes cuya suma se limita a un caudal máximo de 38 m³/s, mientras que la descarga de Alfalfal II se recibe directamente en el túnel Las Lajas, aguas abajo de la cámara de carga.

c) Otoño – Invierno (mayo a septiembre)

En este período, que corresponde a los meses en que en los cauces ocurren los caudales mínimos, al igual que Alfalfal II, la central opera muy por debajo de su capacidad máxima. Lo anterior se puede observar en la tabla 2.4.

Tabla 2.4
Caudales Medios Mensuales de Generación Central Las Lajas

Meses	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Prom
Q Gen. Las Lajas	17.8	29.7	37.4	59.0	62.2	59.8	47.0	30.0	21.3	23.5	17.3	17.4	35.2

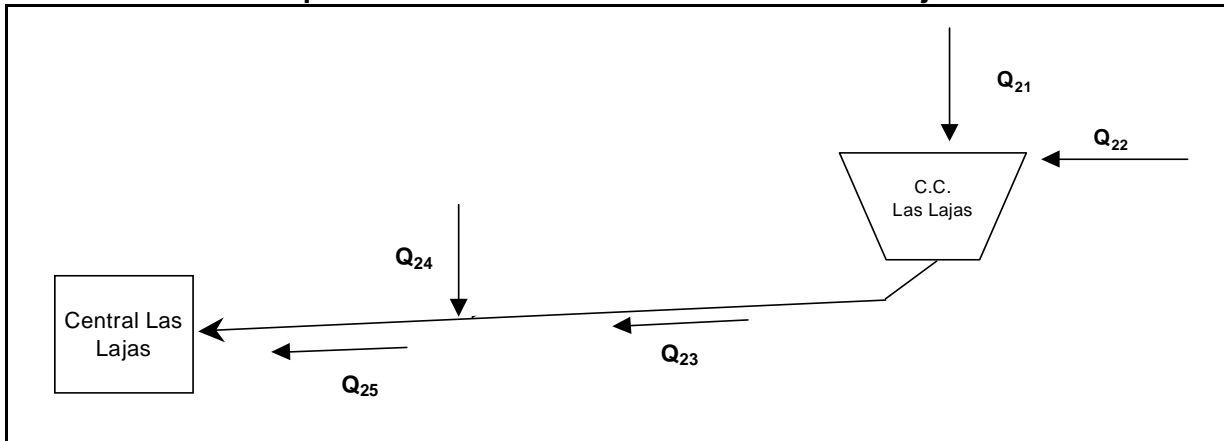
d) Distintos escenario de operación

Para calcular los niveles piezométricos en diferentes puntos del sistema de aducción, se han definido escenarios de operación típicos de verano e invierno, los cuales se representan en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5
Caudales para Escenarios tipo de Operación

Período (Escenario)	Q ₂₁ m ³ /s	Q ₂₂ m ³ /s	Q ₂₃ m ³ /s	Q ₂₄ m ³ /s	Q ₂₅ m ³ /s
Enero 1983	27,5	10,5	38	27	65
Diciembre 1995	27,5	10,5	38	14	53
Noviembre 1968	5,2	8,2	13,4	11	24,4
C. Las Lajas fuera de servicio (Enero 1983)	0	0	-27	27	0
C. Alfalfal II fuera de servicio (Enero 1983)	27,5	10,5	38	0	38
Período de acumulación en cámara de carga	9,3	5,2	-1,1	27	26,0
C. Alfalfal II fuera de servicio	9,5	5,5	15	0	15,0
C. Las Lajas fuera de servicio (Período de Punta)	0	0	-27	27	0
C. Las Lajas y C. Alfalfal II fuera de servicio	0	0	0	0	0

Figura 2.6
Esquema de Caudales Afluentes Central Las Lajas.



- Q_{21} = Aporte desde descarga de Alfalfal.
- Q_{22} = Aporte desde cuenca intermedia (bocatoma Maitenes).
- Q_{23} = Aporte desde cámara de carga Las Lajas.
- Q_{24} = caudal generado en Alfalfal II.
- Q_{25} = caudal generado en central Las Lajas.

2.2.2 Niveles Piezométricos Obras de Cabecera

Las obras de cabecera de la central Las Lajas se dividen en dos tipos: las que alimentan el estanque de carga de Las Lajas y aquellas que alimentan directamente el túnel de aducción. Entre las primeras se encuentran la obra de desviación del canal de descarga de la central Alfalfal y la modificación del canal Maitenes. Los niveles piezométricos de estas obras están ligados a los niveles de operación en el estanque de carga. Por su parte, la obra que alimenta directamente al túnel de aducción corresponde a la descarga de la central Alfalfal II.

Los niveles piezométricos en las obras señaladas estarán determinados por las condiciones de operación del sistema de centrales en conjunto, por lo que su estimación está sujeta a los estudios presentados en los párrafos siguientes.

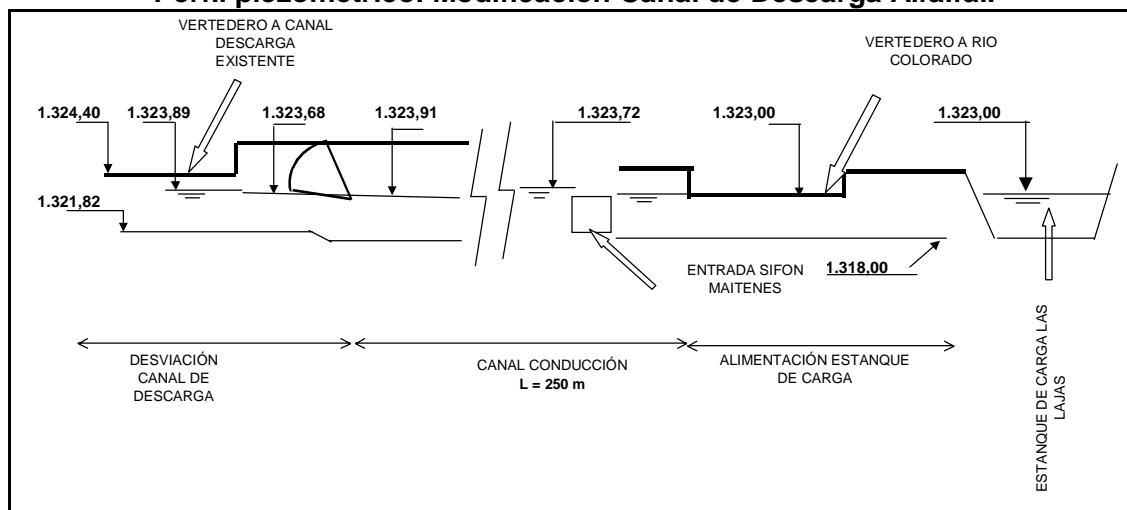
a) Captación desde descarga Central Alfalfal

La captación de las aguas provenientes de la Central Alfalfal se realiza mediante una prolongación del canal de evacuación existente, el cual tiene un caudal de diseño de 30 m³/s. Esta obra, denominada canal de alimentación del estanque de carga, se conecta por el paramento derecho del canal de evacuación, en la zona que enfrenta al sifón que cruza el Río Colorado, y que actualmente entrega parte de las aguas de la central Alfalfal al canal de la Central Maitenes.

La conexión del canal de descarga de la central Alfalfal con el canal alimentador del estanque de carga de Las Lajas se producirá en la zona de compuertas del sifón actualmente existente. En este punto existe un vertedero lateral para descargar excedentes, cuyo umbral se ubica a la cota 1.324,40 m s.n.m. Por lo tanto, esta es la cota máxima que puede tomar el eje hidráulico en este punto.

A partir de este punto de conexión, se desarrolla un canal de ancho basal 4 m, cuya cota de radier en el punto de partida es 1.321,82 m s.n.m. En la figura 2.7 se presenta el perfil piezométrico del canal de alimentación del estanque de carga.

Figura 2.7
Perfil piezométrico. Modificación Canal de Descarga Alfalfal.



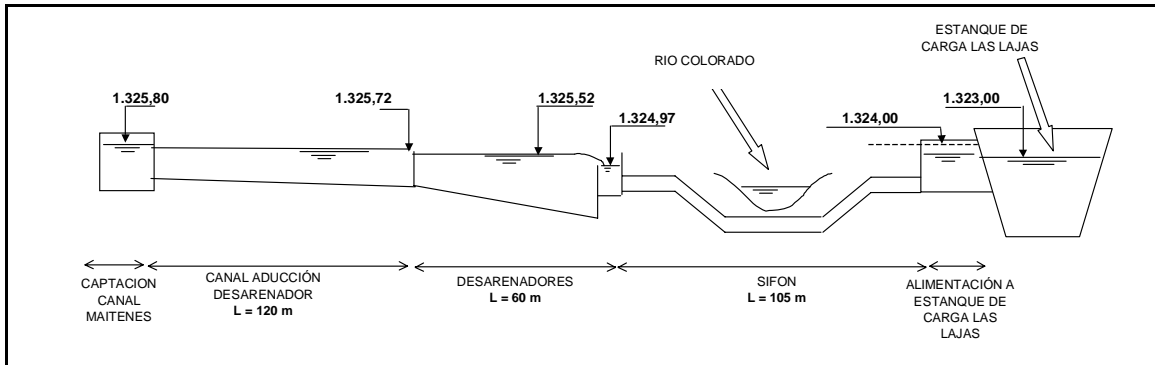
El perfil presentado en la figura 2.7 muestra que la máxima altura de agua calculada frente al vertedero en el punto de inicio es 1323,89. El cálculo se ha realizado sobre la base de considerar el estanque de carga de Las Lajas en su nivel máximo (1.323 m s.n.m.) y caudales máximos, tanto en la desviación del canal de descarga de la central Alfalfal (30 m³/s), como en el canal Maitenes (10 m³/s).

Por lo tanto, el perfil presentado considera un caudal igual a 30 m³/s desde el inicio del perfil, hasta el punto señalado como "Entrada sifón Maitenes", y 40 m³/s hacia aguas abajo. Se observa que, bajo estas condiciones, el nivel de agua en el punto de conexión alcanza 1.323,89 m s.n.m. nivel menor al umbral de vertedero (1324,40), con una revancha igual a 0,5 m.

b) Modificación Canal Maitenes

El caudal de la cuenca intermedia del río Colorado será captado en la actual bocatoma de la central Maitenes. La obra de alimentación del estanque de carga tiene su origen en un punto, aguas abajo del túnel existente, con un eje hidráulico a la cota 1.325,80 m s.n.m., tal como se muestra en la figura 2.8.

Figura 2.8
Perfil Hidráulico. Modificación Canal Maitenes



A partir del punto de origen, se desarrolla un canal de aducción, dos bateas de desarenación, un sifón de cruce del río Colorado y la conexión con la obra de alimentación al estanque de carga.

2.2.3 Perfiles Piezométricos Sistema de Generación

Para la determinación del perfil piezométrico de la central Las Lajas, se ha considerado la configuración geométrica presentada en la figura 2.9.

Dada la variabilidad de los recursos hídricos disponibles, se han considerado varios escenarios de operación y se han calculado los niveles piezométricos en los vértices más relevantes. Los casos analizados son los siguientes:

a) Casos con la Central Alfalfal II a plena capacidad.

Permanente 1: Considera la operación normal de ambas centrales a plena capacidad, con un caudal en la Central Alfalfal II $Q_{al} = 27,0 \text{ m}^3/\text{s}$ y caudal en la central Las Lajas $Q_T = 65,0 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo que caudal efluente de la cámara de carga es $Q_{cl} = 38,0 \text{ m}^3/\text{s}$. La cámara de carga opera a la cota máxima de 1.323 m s.n.m y a la cota mínima de 1.318 m s.n.m.

Permanente 2: Supone la operación de sólo una turbina en la Central Las Lajas, por lo que el caudal de generación en la central es $Q_T = 32,5 \text{ m}^3/\text{s}$, con la central Alfalfal II operando a plena capacidad, $Q_{al} = 27,0 \text{ m}^3/\text{s}$. De este modo, el caudal efluente de la cámara de carga es $Q_{cl} = 5,50 \text{ m}^3/\text{s}$. La cámara de carga opera a la cota máxima de 1.323 m s.n.m y a la cota mínima de 1.318 m s.n.m.

Permanente 3: La Central Las Lajas está fuera de operación y la central Alfalfal II a plena capacidad. De este modo se tiene $Q_T = 0,0 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{al} = 27,0 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal afluente a la cámara de carga es $Q_{cl} = -27,0 \text{ m}^3/\text{s}$. La cámara de carga opera a la cota máxima de 1.323 m s.n.m y a la cota mínima de 1.318 m s.n.m.

b) Casos con la Central Alfalfal II operando con una sola turbina a plena capacidad.

Permanente 4: En este caso sólo opera una turbina en la central Alfalfal II a su máxima capacidad de generación, esto es $Q_{al} = 13,5 \text{ m}^3/\text{s}$. El caudal efluente desde la cámara de carga es $Q_{cl} = 38,0 \text{ m}^3/\text{s}$, con lo que el caudal de la central Las Lajas es $Q_T = 51,5 \text{ m}^3/\text{s}$. La cámara de carga opera a la cota máxima de 1.323 m s.n.m y a la cota mínima de 1.318 m s.n.m.

Permanente 5: En este caso se considera la operación de sólo una turbina a plena capacidad en ambas centrales, por lo que el caudal de generación en la central Las Lajas es $Q_T = 32,5 \text{ m}^3/\text{s}$, el caudal en Alfalfal II es $Q_{al} = 13,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y por lo tanto, el caudal efluente de la cámara de carga es $Q_{cl} = 19,0 \text{ m}^3/\text{s}$. La cámara de carga opera a la cota máxima de 1.323 m s.n.m y a la cota mínima de 1.318 m s.n.m.

Permanente 6: Aquí la Central Las Lajas se encuentra fuera de operación, quedando entonces, $Q_T = 0,0 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{al} = 13,5 \text{ m}^3/\text{s}$, con lo que se tiene un caudal afluente a la cámara de carga igual a $Q_{cl} = -13,5 \text{ m}^3/\text{s}$. La cámara de carga opera a la cota máxima de 1.323 m s.n.m y a la cota mínima de 1.318 m s.n.m.

c) Casos con la Central Alfalfal II fuera de operación.

Permanente 7: En este caso se supone $Q_{al} = 0,0 \text{ m}^3/\text{s}$, con lo que el caudal máximo de generación en la central Las Lajas bajo dicha condición es $Q_T = 38,0 \text{ m}^3/\text{s}$, que corresponde al gasto efluente desde la cámara de carga $Q_{cl} = 38,0 \text{ m}^3/\text{s}$. La cámara de carga opera a la cota máxima de 1.323 m s.n.m. y a la cota mínima de 1.318 m s.n.m.

Permanente 8: Se tiene $Q_{al} = 0,0 \text{ m}^3/\text{s}$, con un caudal máximo de generación correspondiente a una sola turbina en la central Las Lajas, es decir, $Q_T = 32,5 \text{ m}^3/\text{s}$; así, el caudal efluente de la cámara de carga es $Q_{cl} = 32,5 \text{ m}^3/\text{s}$. La cámara de carga opera a la cota máxima de 1.323 m s.n.m y a la cota mínima de 1.318 m s.n.m.

Permanente 9: Se tiene $Q_{al} = 0,0 \text{ m}^3/\text{s}$, con un caudal máximo de generación correspondiente a una sola turbina en la central Las Lajas, es decir, $Q_T = 15 \text{ m}^3/\text{s}$; así, el caudal efluente de la cámara de carga es $Q_{cl} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$. La cámara de carga opera a la cota máxima de 1.323 m s.n.m y a la cota mínima de 1.318 m s.n.m.

d) Casos de operación durante el invierno.

Los casos Permanente 10 al Permanente 12 corresponden a la operación de la central durante el invierno, tal como se detalla en la tabla 2.6.

Los resultados se presentan en la tabla 2.6. Se indican los caudales considerados, los niveles piezométricos de los vértices indicados en la figura 2.9 y la altura neta de generación.

Figura 2.9
Esquema Conducción en Presión de la Central Las Lajas

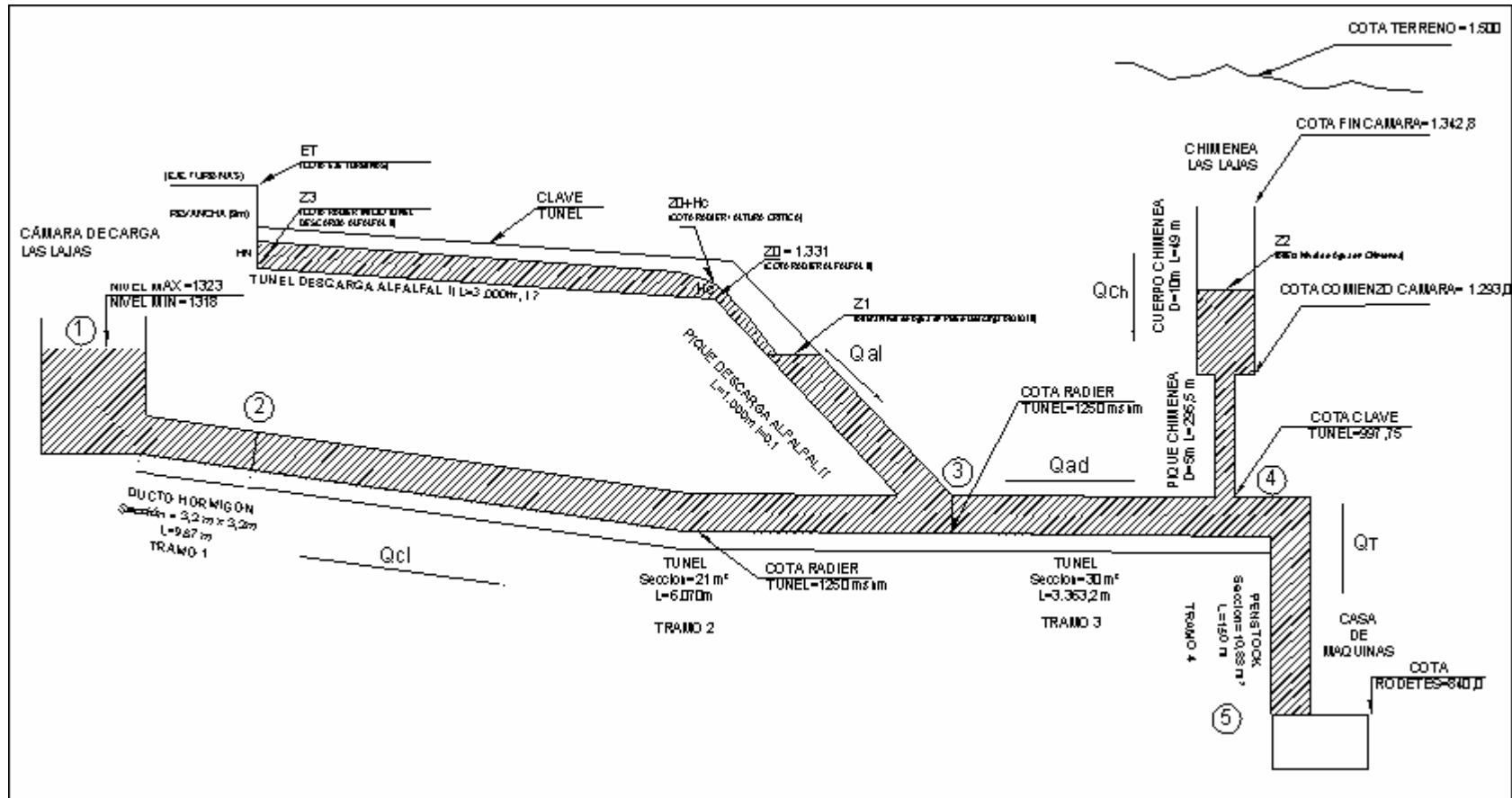


Tabla 2.6
Niveles piezométricos central Las Lajas

Escenario	Caudal (m ³ /s)			Cota Piezométrica (m s.n.m)					Hn (m)
	Q _{CL}	Q _{AL}	Q _T	1	2	3	4	5	
P-1A	38,0	27,0	65,0	1323,00	1318,97	1312,60	1308,74	1308,02	468,02
P-1B	38,0	27,0	65,0	1318,00	1313,97	1307,60	1303,74	1303,02	463,02
P-2A	5,5	27,0	32,5	1323,00	1322,92	1322,78	1321,82	1321,64	481,64
P-2B	5,5	27,0	32,5	1318,00	1317,92	1317,78	1316,82	1316,64	476,64
P-3A	-27,0	27,0	0,0	1323,00	1325,04	1328,25	1328,25	1328,25	-
P-3B	-27,0	27,0	0,0	1318,00	1320,04	1323,25	1323,25	1323,25	-
P-4A	38,0	13,5	51,5	1323,00	1318,97	1312,60	1310,18	1309,73	469,73
P-4B	38,0	13,5	51,5	1318,00	1313,97	1307,60	1305,18	1304,73	464,73
P-5A	19,0	13,5	32,5	1323,00	1321,99	1320,40	1319,44	1319,26	479,26
P-5B	19,0	13,5	32,5	1318,00	1316,99	1316,99	1316,99	1316,99	476,99
P-6A	-13,5	13,5	0,0	1323,00	1323,00	1323,00	1322,83	1322,80	-
P-6B	-13,5	13,5	0,0	1318,00	1318,00	1318,00	1317,83	1317,80	-
P-7A	38,0	0,0	38,0	1323,00	1318,97	1312,60	1311,28	1311,04	471,04
P-7B	38,0	0,0	38,0	1318,00	1313,97	1307,60	1306,28	1306,04	466,04
P-8A	32,5	0,0	32,5	1323,00	1320,05	1315,39	1314,43	1314,25	474,25
P-8B	32,5	0,0	32,5	1318,00	1315,05	1310,39	1309,43	1309,25	469,25
P-9A	15,0	0,0	15,0	1323,00	1322,37	1321,38	1321,17	1321,14	481,14
P-9B	15,0	0,0	15,0	1318,00	1317,37	1316,38	1316,17	1316,14	476,14
P-10A	-0,7	27	26,3	1323,00	1323,00	1323,00	1322,37	1322,25	482,25
P-10B	-0,7	27	26,3	1318,00	1318,00	1318,00	1317,37	1317,25	477,25
P-11A	26,3	0,0	26,3	1323,00	1321,07	1318,02	1317,39	1317,27	477,27
P-11B	26,3	0,0	26,3	1318,00	1316,07	1313,02	1312,39	1312,27	472,27
P-12A	15,3	0,0	15,3	1323,00	1322,35	1321,31	1321,10	1321,06	481,06
P-12B	15,3	0,0	15,3	1318,00	1317,35	1316,31	1316,10	1316,06	476,06

El cálculo de los niveles piezométricos presentados en la tabla anterior está basado en que el nivel del estanque de carga varía entre las cotas 1.323 y 1.318 m s.n.m.

Los resultados presentados en la tabla anterior indican que el nivel piezométrico en el pique inclinado que sigue al túnel de descarga de la central Alfafal II (Z3) varía entre las cotas 1.307,60 y 1.328, 25 m s.n.m, siendo 1.331 la cota de radier al inicio del tramo inclinado.

La última columna de la tabla 2.5 indica que la altura de generación varía entre 463,0 y 482,3 m, siendo la altura bruta de caída igual a 483 m.

3 OPERACIÓN EN CONTINGENCIA O EN RÉGIMEN TRANSITORIO

3.1 GENERALIDADES

El proyecto Alto Maipo está constituido por dos centrales hidroeléctricas que operan en serie hidráulica. Cada central posee un sistema de túneles en presión para la alimentación de las turbinas (2 unidades en cada central). La Figura 2.5 muestra la disposición de los túneles para la central Alfalfal II y la Figura 2.9 muestra la disposición de túneles que alimentan a la central Las Lajas.

Durante la operación de las centrales se pueden producir situaciones que obliguen a detener una o las dos centrales por un determinado período de tiempo. En el transcurso de estos eventos, se producen dos fenómenos transitorios que es importante analizar. Se trata de los fenómenos de oscilaciones en masa al interior de los túneles en presión y del impacto en la red fluviométrica del río Maipo.

3.2 OSCILACIONES EN MASA.

Las chimeneas de equilibrio son las obras que cumplen la función de amortiguar las fluctuaciones de la presión que se generan en los túneles en presión, debido a la operación de las unidades de generación. Las turbinas hidráulicas pueden variar los caudales de operación en forma muy rápida de acuerdo a los requerimientos de la generación eléctrica, en cambio los túneles en presión, por su propia inercia lo hacen lentamente. Las chimeneas de equilibrio son depósitos los cuales pueden entregar o recibir caudales desde el sistema de túneles, a través de la variación de su propio volumen de agua almacenado, variando su nivel, con el fin de controlar las variaciones bruscas de presión en los túneles y produciendo la detención de las masas de agua.

En ambas centrales se han diseñado chimeneas simples, en el caso de Alfalfal II, constituida por un pique inclinado que se ensancha en su parte superior en una cámara de carga; en el caso de Las Lajas, constituida por un depósito cilíndrico comunicado con el túnel por un pique vertical. De esta manera el caudal líquido que entra o sale del túnel hacia la chimenea lo hace a través del pique. La con la atmósfera exterior, permite la entrada o expulsión del aire debido a las oscilaciones del nivel de agua en el interior de la chimenea.

- Central Alfalfal II

En el caso de la central Alfalfal II, como se aprecia de la Figura 2.5, existe un pozo de toma que permite el ingreso de las aguas del túnel El Volcán y las aguas del Yeso a la aducción de la central. El túnel desde el pozo de toma se une con el túnel de aducción mediante un sistema de ductos en presión hasta llegar a la unión del túnel con el pique que constituye la chimenea y cámara de carga de la central, ubicado inmediatamente aguas arriba del pique de presión que alimenta a las dos unidades de generación.

El sistema de túneles, en consecuencia, es un sistema complejo con dos chimeneas en serie: la primera en la cabecera del sistema en presión (pozo de toma), y la segunda que corresponde a la chimenea propiamente tal.

- Central las Lajas

La central Las Lajas (ver Figura 2.9) también posee un sistema de túneles complejo que se alimenta desde una cámara de carga ubicada junto al río Colorado (ribera derecha), hasta la sección (3), en donde se une con la entrega del caudal de la central Alfalfal II constituido por un pique inclinado como lo muestra la Figura 2.9. Finalmente, la sección (4) corresponde a la unión del túnel con el pique de comunicación de la chimenea de equilibrio de la central, inmediatamente aguas arriba del inicio del pique de presión de la central.

Para los efectos del diseño de una chimenea de equilibrio, estas dos centrales deben afrontar maniobras límites que las exigen al máximo y básicamente son las siguientes:

- a) Rechazo de carga total de la central.

Es una maniobra eventual que se produce usualmente debido a una falla eléctrica en el sistema de transmisión. Es además una maniobra obligada porque siempre puede producirse y exige al máximo a la chimenea de equilibrio y al sistema de túneles en presión, principalmente en lo relativo a niveles máximos (cotas piezométricas) y también en los caudales que entran y salen de la chimenea y de las obras de evacuación. El análisis debe efectuarse con los niveles mayores en la cámara de carga y las pérdidas de carga menores u optimistas en los túneles.

- b) Aumento brusco del 50% al 100% de la potencia de la central.

A diferencia de la anterior es una operación deliberada normalmente considerada a fin de servir correctamente al servicio eléctrico de la central.

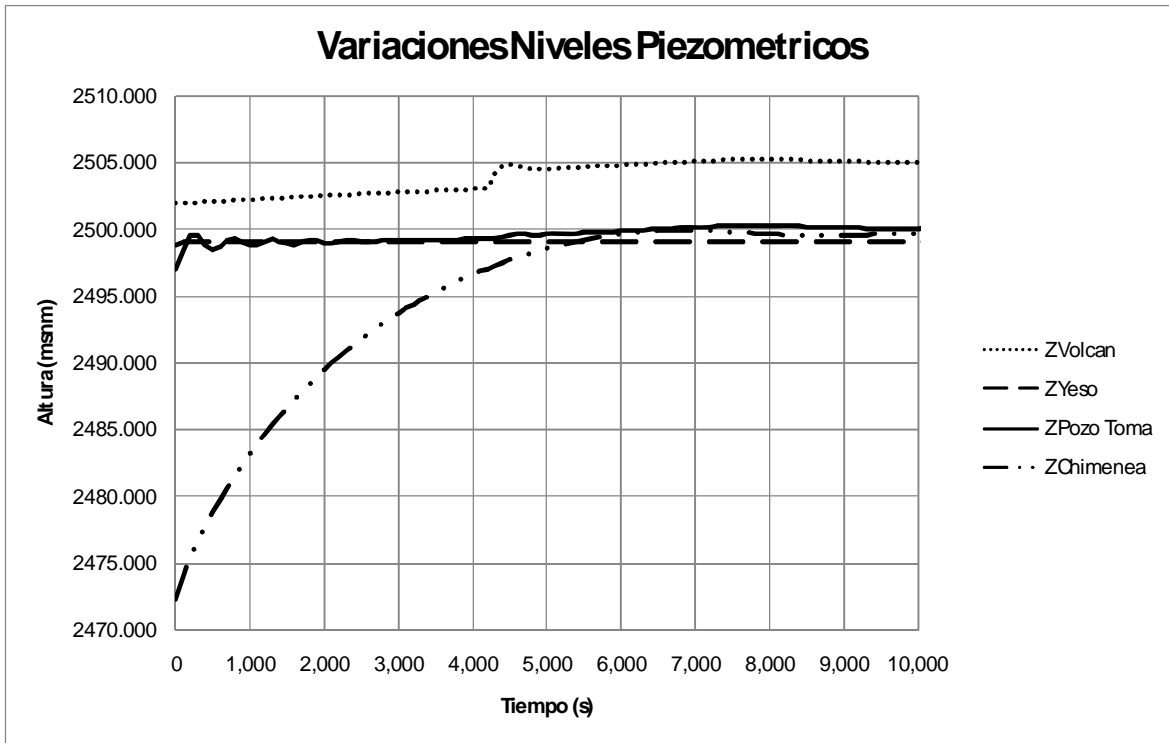
Para los efectos prácticos, los tiempos de operación de las unidades de generación (cierre o abertura de las turbinas) no tienen una significación importante en relación con los períodos de oscilación de caudales y presiones en los túneles, que son muchísimo más largos.

3.2.1 SISTEMA DE ALFALFAL II.

La chimenea de equilibrio está constituida por un estanque que comienza en la cota 2.468 msnm con un área de 675 m² y aumenta su área linealmente hasta la cota 2.503 msnm en la que presenta un área de 1.989 m². Dicho estanque se encuentra unido al túnel de aducción de Alfalfal II mediante un pique de 3,5 m de diámetro y 500 m de altura (ver figura 2.5).

Durante el rechazo total de carga de la Central Alfalfal II, las fluctuaciones de nivel en las obras de cabecera son moderadas y alcanzan su nivel de equilibrio rápidamente, tal como se aprecia en la Figura 3.1. De acuerdo con estos resultados, se ve que el nivel de aguas en el pozo de toma de Alfalfal II se estabiliza en torno a la cota 2.500 m. snm y la chimenea de equilibrio prácticamente no oscila, llegando a su nivel máximo en forma asintótica, garantizando un buen control de las fluctuaciones de presión al interior del túnel de aducción de la central.

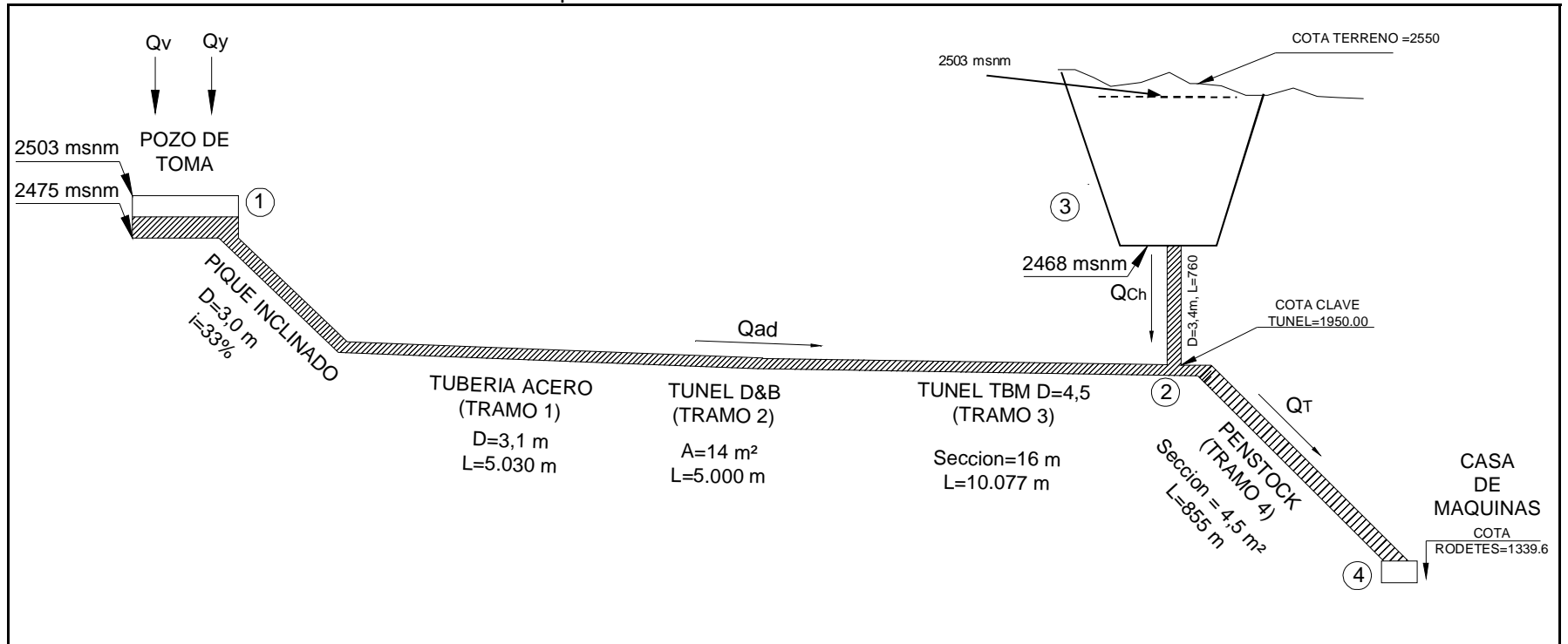
Figura 3.1
Niveles Piezométricos en Obras de Cabecera para Rechazo Total de Carga en Central Alfalfa II



Los valores obtenidos para el rechazo total de carga modelado para esta situación son los siguientes para los puntos definidos en la Figura 3.2:

- .- Nivel máximo de la chimenea (3) 2499,9 msnm
- .- Nivel mínimo en chimenea (3) 2.472,2 msnm
- .- Nivel máximo en pozo de toma (1) 2.500,28 m s.n.m.
- .- Nivel mínimo en pozo de toma (1) 2.497,0 m s.n.m.
- .-Caudal máximo saliente por la chimenea (QCh) 0,66 m³/s
- .- Caudal máximo entrante a la chimenea (QCh) 14,18 m³/s
- .-Caudal máximo vertido por vertedero El Yeso 27.65 m³/s

Figura 3.2
Esquema Conducción en Presión Alfalfal II

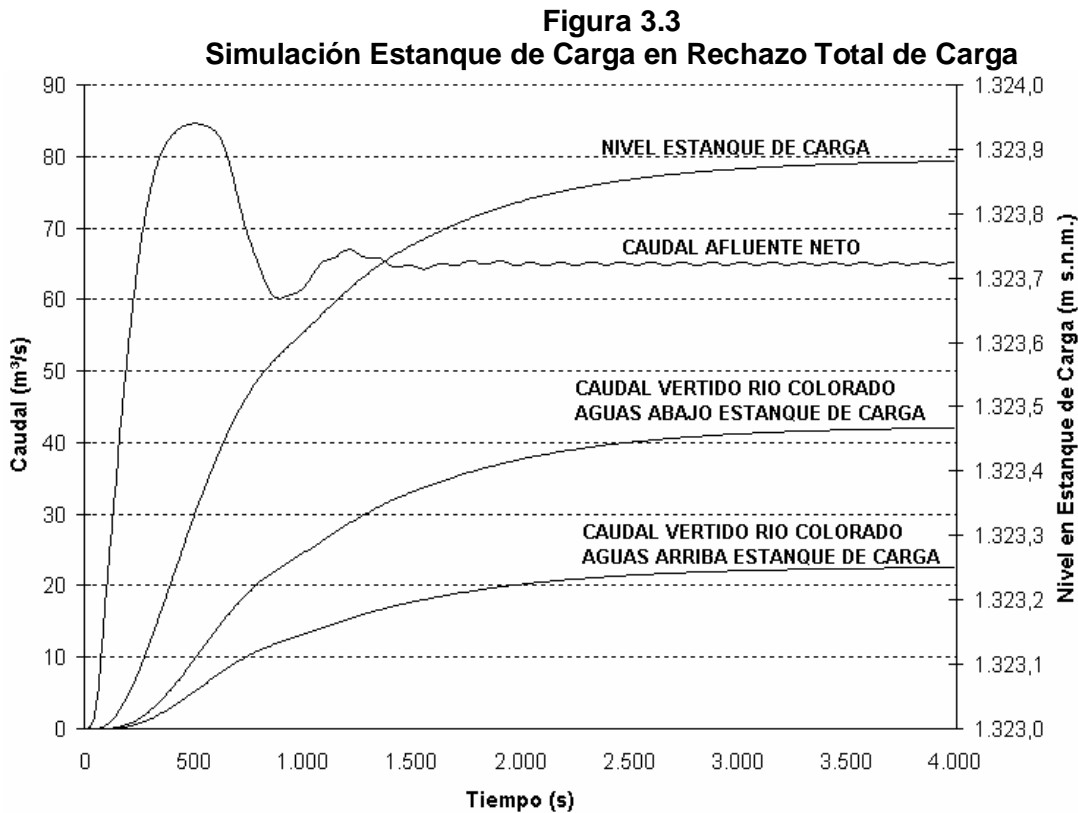


3.2.2 Sistema las Lajas

La chimenea de equilibrio está constituida por un cilindro de 10 metros de diámetro y de 64 m de altura. El pique de comunicación con el túnel tiene 5 m de diámetro y 282 m de altura (ver figura 3.4).

Durante las variaciones de carga de la Central Las Lajas, las fluctuaciones de caudales del sistema de túneles serán absorbidos por la cámara de carga. En el caso de los rechazos de carga, los caudales sobrantes son evacuados al río Colorado a través de las obras de seguridad de la cámara de carga.

En la Figura 3.3 se muestra un gráfico que resume los caudales evacuados al río durante el rechazo total de carga de la Central Las Lajas. El análisis supone que el fenómeno transitorio se produce con el nivel inicial máximo en la cámara de carga de 1.323 m s.n.m. (caso más desfavorable).



La Figura 3.3 muestra que el caudal instantáneo máximo entrante al estanque de carga sería de 84 m³/s a los 400 s de producido el rechazo de carga. Finalmente, a partir de una hora de producido el rechazo, el caudal evacuado al río corresponde al caudal total de la Central Las Lajas de 65 m³/s (42 m³/s vertidos aguas abajo del estanque y 23 m³/s vertidos aguas arriba del estanque).

Algunos datos característicos de valores de niveles y caudales que se producen durante los fenómenos transitorios son los siguientes, de acuerdo a la numeración de la Figura 3.4:

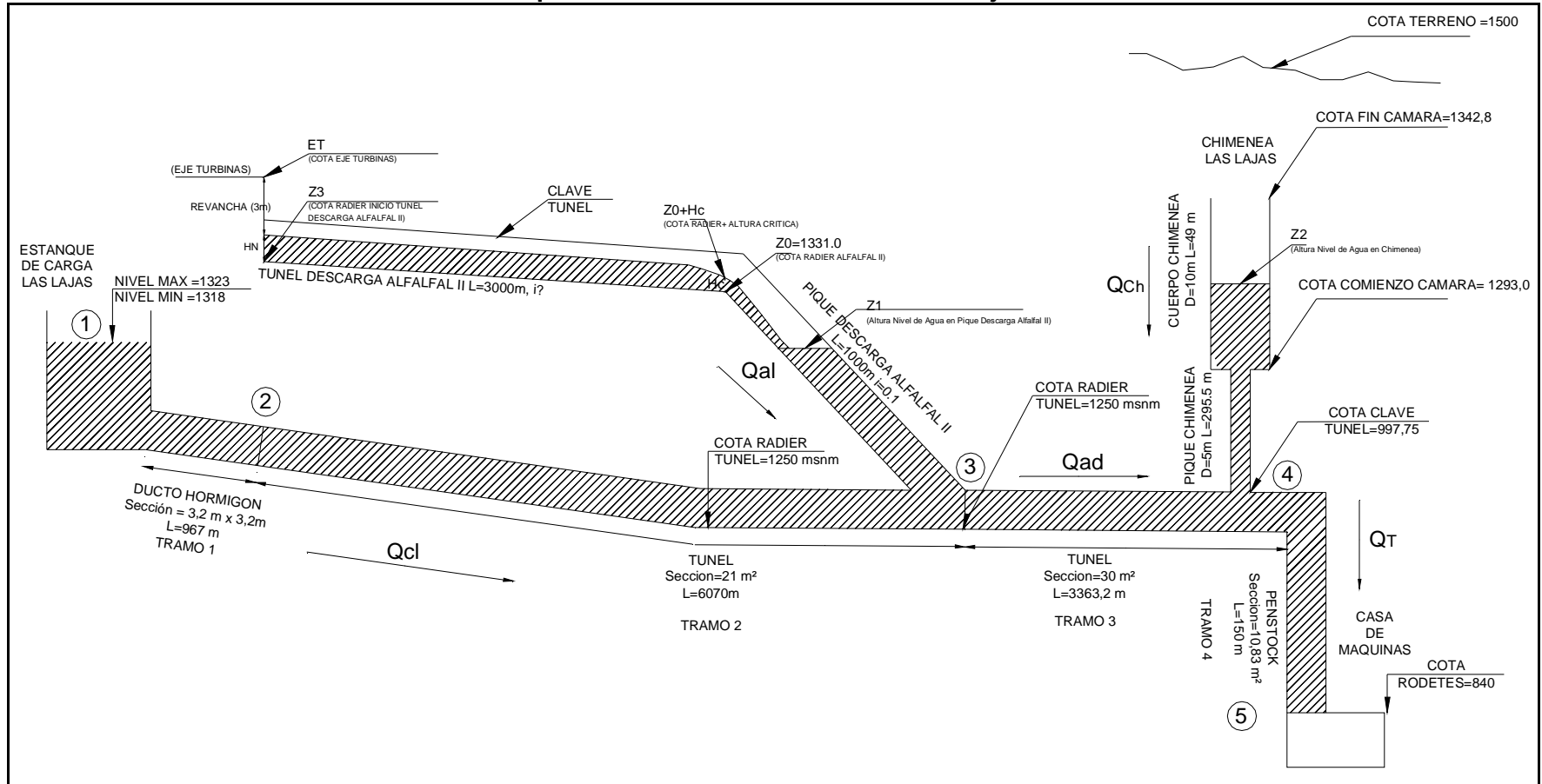
a) Rechazo total de carga de la central. (Nivel en cámara de carga 1323 msnm)

- .- Nivel máximo en la chimenea (4) 1.344,1 msnm
- .- Nivel mínimo en la chimenea (4) 1.300,0 msnm
- .- Nivel máximo en (3): 1.336,9 msnm
- .- Nivel mínimo en (3): 1.302,5 msnm
- .- Caudal máximo entregado por la chimenea (Qch) 36,6 m³/s
- .- Caudal máximo saliente de la chimenea (Qch) 63 m³/s
- .- Caudal máximo entrante al pique de descarga Alfalfal II (Qal) 69,9 m³/s
- .- Caudal máximo saliente del pique descarga Alfalfal II (Qal) 56,6 m³/s
- .- Caudal máximo entrante a cámara de carga Colorado (Qcl) 6,6 m³/s
- .- Caudal máximo saliente de la cámara de carga Colorado (Qcl) 65,0 m³/s

b) Aumento de carga del 50 al 100% de la potencia de la central. (Supone nivel constante en la cámara de carga de 1318 m).

- .- Nivel máximo en la chimenea (4) 1.316,9 msnm
- .- Nivel mínimo en la chimenea (4) 1.283,4 msnm
- .- Nivel máximo en (3): 1.317,3msnm
- .- Nivel mínimo en (3): 1.285,1 msnm
- .- Caudal máximo saliente de la chimenea (Qch) 29,3 m³/s
- .- Caudal máximo entrante a la chimenea (Qch) 6,8 m³/s
- .- Caudal máximo entrante a pique de descarga Alfalfal II (Qal) 1 m³/s
- .- Caudal máximo saliente del pique descarga Alfalfal II (Qal) 59,1 m³/s
- .- Caudal máximo entrante a cámara de carga Colorado (Qcl) 32,5 m³/s
- .- Caudal máximo saliente de la cámara de carga Colorado (Qcl) 64,9 m³/s

Figura 3.4
Esquema Conducción en Presión Las Lajas



3.3 IMPACTO EN LA RED FLUVIOMÉTRICA DEL RÍO MAIPO.

3.3.1 3Introducción

Una situación especial en la operación de una central hidroeléctrica se produce durante la salida de servicio súbita de sus unidades de generación o rechazo de carga. Los rechazos de carga se producen por operaciones automáticas debido a fallas internas o externas:

- a) Internas. Se refieren a problemas técnicos internos de la central que obligan a detener las turbinas. Puede ocurrir debido a la falla de algún mecanismo (válvula o turbina) o por una falla eléctrica de los mecanismos que operan a las unidades o en el patio de Alta Tensión (interruptores o seccionadores de líneas eléctricas).
- b) Externas. Caídas del sistema eléctrico (Black out), que son menos frecuentes. Puede presentarse por una falla en la línea de transmisión de ambas centrales.

Afortunadamente, este tipo de eventos son poco frecuentes, tal como lo indica la siguiente Tabla, que resume los rechazos de carga ocurridos en la central Alfalfal durante los años 2006 y 2007.

Tabla 3.1: Central Alfalfal. Rechazos de Carga entre los años 2004 y 2007

Fecha	Potencia Inicial (MW)	Duración Falla (horas)	Q Central Pre falla (m ³ /s)	Q Río Pre falla (m ³ /s)	Q Río en falla (m ³ /s)	Unidad Falla	Observación
28/09/2007	62	0.10	10,5	15.5	5.0	U 1	Falla interna (*)
23/05/2007	68	0.97	11.5	14.5	3.0	U 2	Falla interna (*)
20/03/2007	170	0.11	28.8	35.8	21.4	U 1	Falla interna (*)
11/01/2007	178	9.43	30.0	43.0	24.0	BT Col	Op. Aut. Bocatoma Col.
11/09/2006	61	0.46	10.3	13.3	3.0	U 2	Falla interna (*)
09/08/2006	63	1.90	10.7	12.7	2.0	U 2	Falla Línea Transmisión
08/06/2006	79	3.80	13.4	15.4	2.0	U 2	Falla interna (*)
03/03/2006	160	3.22	27.1	34.1	20.1	U 1	Falla interna (*)
18/02/2006	176	1.02	30.0	43.0	28.0	U 2	Falla interna (*)
25/12/2005	178	9.56	30.0	43.0	28.0	U 2	Falla interna (*)
28/11/2005	177	3.22	30.0	42.0	27.0	U 2	Falla interna (*)
22/03/2005	96	0.60	16.3	23.3	7.0	Central	Black Out SIC
11/02/2005	176	1.93	30.0	43.0	28.0	U 2	Falla interna (*)
02/11/2004	66	0.12	11.2	23.2	12.0	Central	Falla interna (*)
14/07/2004	54	0.68	9.2	11.2	2.0	U 1	Falla Línea Transmisión
10/04/2004	99	2.22	16.8	20.8	4.0	Central	Black Out SIC
24/02/2004	177	1.91	30.0	43.0	12.0	Central	Falla Línea Transmisión

(*): En Alfalfal ha existido siempre un problema con las bombas de agua de refrigeración, que fallan por la calidad del agua, lo que provoca fallas en el circuito de refrigeración y salidas de la central por indicador de alta temperatura en los descansos del generador.

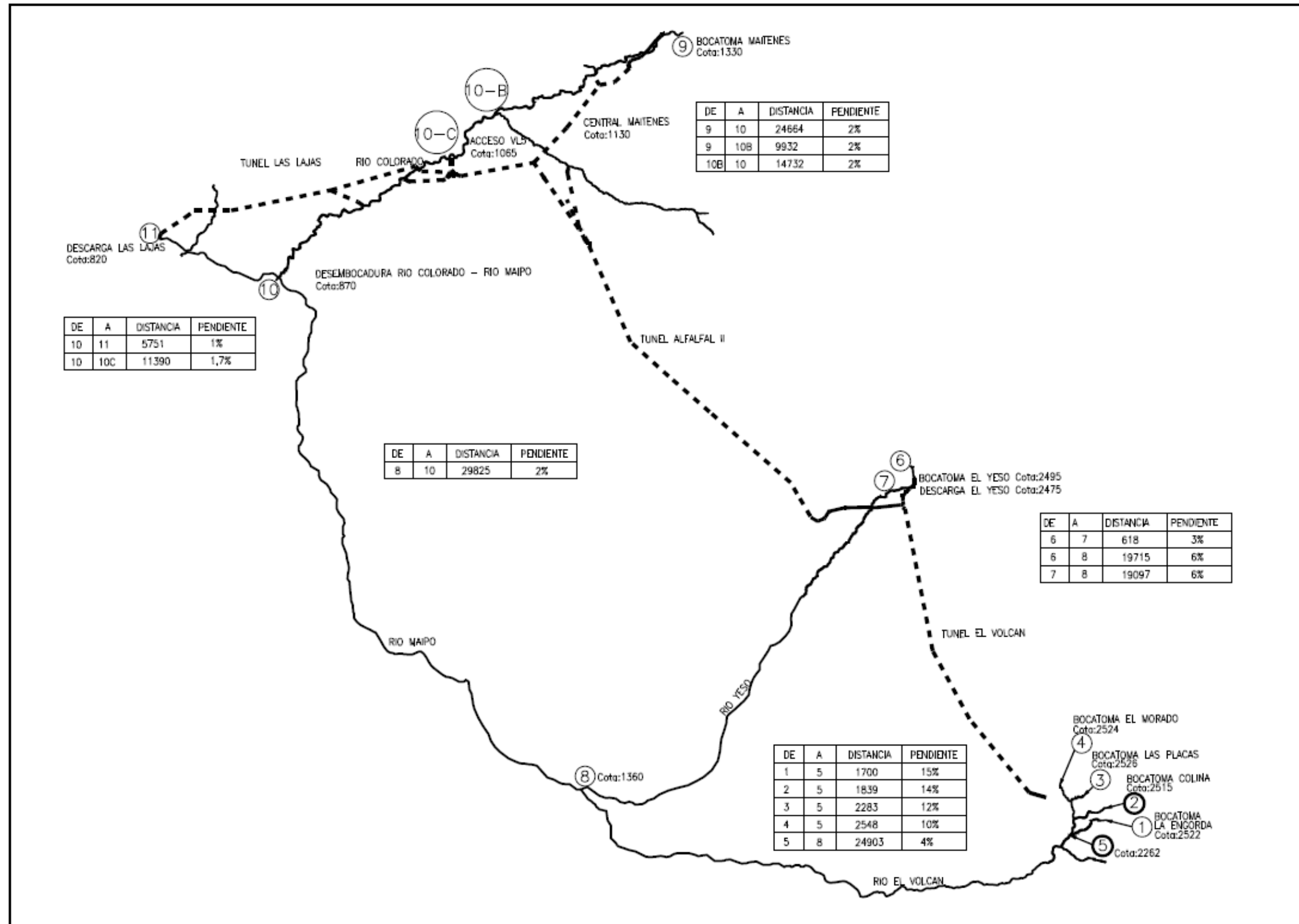
Sobre la base de los antecedentes de esta central, el número de horas en que se habría producido alguna alteración del caudal en la zona de descarga de la central Las Lajas al río Maipo, sería de 4.9 horas anuales en promedio (1,25 horas por evento y 4 eventos por año, asumiendo que los efectos se producen para duraciones de falla entre 0,5 y 3,0 horas), con 1 falla anual con caída total de la central (por Black out, Sistema de transmisión o falla interna), y 3 fallas anuales en promedio por salidas parciales de servicio.

En las centrales Alfalfal II y Las Lajas esta situación debería ser sustancialmente mejor, ya que no se tendrá el problema de refrigeración que tiene la central Alfalfal, que ha motivado la mayoría de las detenciones de esta central.

3.3.2 Características de la red fluviométrica del Maipo Alto

La red hidrográfica del Maipo Alto, que se puede apreciar en la Figura 3.5, está conformada por una serie de cauces de gran pendiente, de granulometría gruesa y extendida, con altas rugosidades. La velocidad de escurrimiento, en promedio, es del orden de los 2 m/s para caudales de estiaje, y superiores a los 5 m/s para caudales en crecidas.

Figura 3.5
Red Fluviométrica del Maipo Alto



Durante los rechazos de carga de la central Alfalfal II, en el río Yeso (punto 7 de la Figura 3.5) se produciría una descarga puntual del caudal generado por la central. Lo mismo ocurre en el río Colorado (punto 9 de la Figura 3.5) cuando se produce un rechazo de carga de la central Las Lajas. Estas situaciones originan ondas positivas en los cauces, que a su paso aumentan el caudal de los cauces hacia aguas abajo del punto de descarga con una velocidad que es superior a la velocidad media de escurrimiento en régimen permanente.

Conjuntamente con lo anterior, en cualquiera de las dos situaciones descritas anteriormente, en la zona de descarga de la central Las Lajas en el río Maipo se produce un descenso del caudal en el río que dura hasta que las ondas de caudal provenientes del río Yeso y del río Colorado lleguen hasta la descarga, restituyendo el régimen del río.

Para los efectos de este análisis se consideran los distintos casos de falla de las unidades de generación de las centrales del Alto Maipo operando a plena carga. La cámara de carga en el río Colorado se considera con su nivel máximo. Estos casos son:

- Rechazo total de carga de la Central Alfalfal II, para caudal máximo.
- Rechazo total de carga de la central Las Lajas, para caudal máximo.
- Rechazo de carga total de ambas centrales o “blackout” del sistema eléctrico, ambas operando a caudal máximo.

A continuación se analizan estas situaciones:

- Rechazo total de carga de la central Alfalfal II

En este caso la central deja de entregar su caudal de plena carga de 27 m³/s a la aducción de la central Las Lajas. Sin embargo esta última central puede continuar su operación con pleno gasto durante unas 3 horas utilizando las aguas acumuladas en la cámara de carga Las Lajas (300.000 m³).

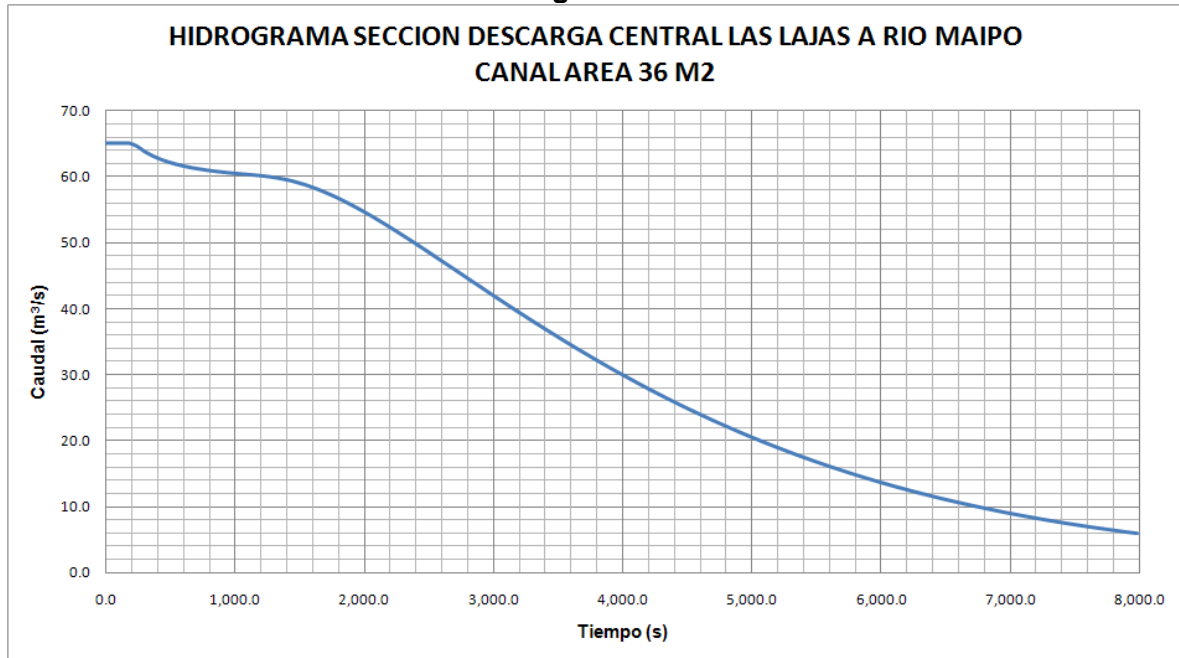
El caudal de la central Alfalfal II de 27 m³/s se entregaría vía vertedero en la bocatoma Yeso al río del mismo nombre, después de la normalización del régimen transitorio de la central. Este caudal tardaría 5,0 horas en retornar al río Maipo en la zona de la descarga de la central Las Lajas, considerando una velocidad promedio de la onda igual a 3,0 m/s; lo anterior supone una condición pesimista, con un caudal bajo en el río Maipo al momento de producirse la detención de la central.

- Rechazo total de carga de la central Las Lajas

En este caso la central Las Lajas deja de entregar el caudal de 65 m³/s al río Maipo. Sin embargo este caudal se continuaría entregando a través de la compuerta de fondo de la cámara de carga adyacente al río Colorado. Este caudal retornaría al Maipo en su recorrido a través del río Colorado después de un tiempo estimado en 3,0 horas.

Sin embargo durante este lapso se entregaría un caudal prácticamente constante durante las primeras 0,3 horas y luego variable entre 65 m³/s y cero durante las 1,7 horas siguientes, tiempo que dura el vaciado del túnel de descarga de la central Las Lajas, con un volumen de 325.000 m³. En la figura 3.6 se puede apreciar de este túnel en la sección de descarga al río Maipo.

Figura 3.6



- Rechazo de carga de ambas centrales o “blackout”.

Al detenerse súbitamente ambas centrales, durante 4 horas se evacuaría un caudal de 65 m³/s al río Colorado, 38 m³/s desde Alfalfal I y de la bocatoma Maitenes, y 27 m³/s (por 4 horas) desde la cámara de carga de Las Lajas; este gasto total se restituiría al Maipo en la zona de descarga de Las Lajas después de unas 3,0 horas.

El caudal de la central Alfalfal II de 27 m³/s se entregaría a través del vertedero de la bocatoma del Yeso al río del mismo nombre, el cual tardaría un tiempo estimado en unas 5 horas en volver al cauce del río Maipo en la zona de descarga de Las Lajas.

Igual a lo indicado en el caso anterior, a partir del rechazo de carga se entregaría un volumen de unos 325.000 m³ durante 2,0 horas al río Maipo desde el túnel de descarga de Las Lajas (vaciado del túnel).

De acuerdo con lo anterior, esta situación tendría la siguiente evolución en el tiempo que muestra la Tabla 3.3, suponiendo que las interrupciones de la operación de las centrales duran más de 3,0 horas y se producen bajo condiciones de operación a plena carga, situación que se considera excepcional, como lo muestran las cifras de la Tabla 3.1:

Tabla 3.3
Variaciones de Caudal en río Maipo durante un Rechazo un “blackout”

Tiempo (horas)	Déficit de caudal en descarga al río Maipo (m³/s)	Observaciones
0 – 0,3	0	T. descarga está aportando ~ 65 m ³ /s
0,3 – 2,0	Variable entre 65 y 0	Corresponde al período de vaciado del túnel
2,0 a 3,0	65	
3,0 - adelante	0	Llega la onda desde el río Colorado

Sobre la base de lo anterior, se puede ver los efectos más desfavorables sobre los cauces, suponiendo condiciones extremas de baja probabilidad de ocurrencia, las que sólo durarían alrededor de 1,0 horas, siempre que las centrales demoren más de 3,0 horas en volver a operar.

3.4 VARIACIONES DE NIVEL EN LOS RÍOS COLORADO YESO Y MAIPO

El último punto que es necesario analizar está relacionado con el aumento del nivel de las aguas que producen las ondas que se forman después de un rechazo de carga.

Debido a la existencia de la central Alfalfal, GENER ha estudiado en detalle este problema en el río Colorado. En efecto, en el año 2001 se hizo el estudio denominado “Proyecto de Optimización de Potencia Central Alfalfal - Estudio de propagación de Ondas”; en esta oportunidad se pudo constatar que, dada la gran pendiente del cauce (~ 2%), incrementos de caudal de gran magnitud no producen grandes aumentos de los niveles de las aguas. En el siguiente Cuadro se presentan algunos resultados obtenidos en el estudio anteriormente mencionado.

Tabla 3.3
Variaciones del Nivel de aguas
Producidos por operaciones en bocatomas de las centrales Alfalfal Y Maitenes

Río	Sección	P_{excedencia}	Caudal Min	Caudal Max.	ΔQ	ΔZh
		(%)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m)
Colorado	Canal Maurino	5	1	20.9	19.9	0.70
		13	7.6	33	25.4	0.37
		80	5.7	23.1	17.4	0.30
Colorado	Antes de Junta con el Maipo	5	8.5	35.7	27.2	0.34
		13	7.6	32.7	25.1	0.33
		80	5.8	22.8	17	0.28
Maipo	Bocatoma Canal La Sirena	5	80.5	107.3	26.8	0.19
		13	69.6	94.3	24.7	0.19
		80	25.8	42.3	16.5	0.18

De acuerdo con los resultados, se aprecia que las variaciones de altura de aguas, que no sobrepasan los 0,5 m, son mínimas frente a las variaciones de caudal, lo que se explica por la fuerte pendiente de los cauces. El río Colorado tiene una pendiente del orden del 2% y el río Maipo y Yeso 2% 6% respectivamente por lo anterior en estos dos cauces tampoco debería producirse aumentos significativos de las alturas de escurrimiento, como resultado de los aumentos de caudal originados por los rechazos de carga en la centrales del Alto Maipo.

En particular, en el caso del río Yeso los efectos de un rechazo de carga son muy inferiores a los que origina las crecidas del embalse El Yeso, cuyo vertedero de seguridad está diseñado con un caudal de 80 m³/s, valor muy superior a los 27 m³/s que serían descargados durante una salida de servicio de la central Alfalfal II.

Sin perjuicio de lo anterior, se puede afirmar que en todos los casos estas variaciones potenciales en el nivel del escurrimiento son bastante menores que las variaciones naturales de nivel que se observan en estos ríos durante crecidas.

4 PROCESO DE PUESTA EN SERVICIO

La puesta en servicio de las centrales está prevista comenzando por la central Las Lajas, para unos meses después poner en servicio la central Alfalfal II. El proceso de puesta en servicio contempla la siguiente secuencia:

- Llenado de la cámara de carga de Las Lajas, con 300.000 m³
- Llenado del túnel de aducción de la central Las Lajas, lo que requiere de un volumen de 270.000 m³, haciendo uso del agua acumulada en la cámara de carga.
- Inicio de la operación de la central Las Lajas con potencia mínima (alrededor del 10 % de su capacidad máxima), manteniendo esa condición por 2,5 horas
- Simultáneamente recuperar el volumen de la cámara de carga hasta 300.000 m³
- Normalizar la potencia de la central a plena capacidad de los recursos disponibles en el río Colorado, con lo cual se lograría un caudal de 38 m³/s y la cámara de carga con su volumen máximo.
- Se inicia el llenado del túnel de aducción de la central Alfalfal II hasta alcanzar un nivel estático equivalente a la cota 2.485, lo que requiere de un volumen cercano a los 296.000 m³. Para ello se procederá a incrementar el caudal de operación de la central Las Lajas 4,5 horas después de iniciado el llenado de Alfalfal II, en la misma magnitud del caudal utilizado para Alfalfal II, lo que concluirá 4,5 horas después de terminado este proceso.
- Se inicia la operación de la central Alfalfal II con los recursos del río Yeso, sin incrementar la potencia de Las Lajas hasta 4,5 horas después, lo que permite recuperar parcialmente la cámara de carga de Las Lajas
- Se incrementa la potencia de Las Lajas conforme los caudales que descarga la central Alfalfal II
- Se inicia el llenado del Túnel Volcán con los recursos de los 4 esteros, lo que requiere de un volumen cercano a los 189.000 m³, haciendo uso del volumen recuperado en la cámara de carga de la central Las Lajas de modo de

incrementar su caudal en la misma cantidad que lo captado en el río Volcan, con el desfase de 4,5 horas requerido para no alterar el régimen natural en el punto de descarga.

- Se normaliza la operación de la Central Alfalfal II con los recursos disponibles en todas sus captaciones
- Se recupera el nivel en la cámara de carga de la central Las Lajas
- Se normaliza la potencia de la central Las Lajas 4,5 horas después de normalizada Alfalfal II

El resultado de este proceso es que al final de todas estas operaciones ambas centrales están operando normalmente, y las cámaras de carga se encuentran llenas y a su nivel normal de operación.

La única alteración del régimen natural del río Maipo en el punto de descarga de la central Las Lajas se produce con el primer llenado de la cámara de carga de la central Las Lajas, para lo cual se requerirán de 300.000 m³. Con este propósito, y en la eventualidad que esta actividad represente algún menoscabo de los derechos de aguas abajo, se considera obtener, vía arriendo o adquisición, los derechos consuntivos transitorios correspondientes.