

INFORME GO N° 28/2017

INCORPORACIÓN MOTOR CLP A MODELO PLP y OTROS

DEPARTAMENTO DE PROGRAMACIÓN DE LA OPERACIÓN

Marzo 2017

TABLA DE CONTENIDO

1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	2
2	<i>OBJETIVO</i>	2
3	<i>DESCRIPCIÓN MODIFICACIONES REALIZADAS</i>	3
4	<i>CASOS DE ESTUDIO</i>	4
	a) Caso 1: Programación Semanal 20170210	4
	b) Caso 2: Programación Semanal 20170312	11
5	<i>AJUSTE CONVENIO DEL MAULE EN PLPv3.1</i>	18
6	<i>CONCLUSIONES</i>	19
7	<i>REFERENCIAS</i>	20
	ANEXO	21

1 INTRODUCCIÓN

El **modelo PLP** ha sido la herramienta utilizada, desde mediados del año 2004 para elaborar la programación semanal y determinar el valor del agua en los distintos embalses del SIC, así como también para realizar la programación mensual, estudios de abastecimiento y cálculo de peajes entre otras aplicaciones.

Desde su puesta en marcha el modelo ha experimentado una serie de modificaciones y extensiones de distinta índole. Estas mejoras van desde la modelación al problema del despacho hidrotérmico (PDH) hasta modificaciones en su estructura de programación de modo de aprovechar de mejor manera los avances tecnológicos en el ámbito computacional.

En este sentido, se le solicitó a un Consultor externo [1] la modificación de la suite de optimización CLP (de distribución libre) para que esta sea compatible con las funciones utilizadas por el modelo PLP. De esta manera, el modelo PLP a través de la librería OSI queda habilitado para poder utilizar 3 motores de optimización: CPLEX, GUROBI y CLP. El informe respectivo se presenta en anexo

2 OBJETIVO

Presentar un breve análisis comparativo del modelo PLP utilizando CPLEX (motor utilizado por defecto para realizar las programaciones dentro del Coordinador Eléctrico Nacional) y la nueva versión modificada de CLP. El estudio se realizará sobre las salidas y el desempeño de casos de programación semanal.

3 DESCRIPCIÓN MODIFICACIONES REALIZADAS

A continuación, se presentará un listado de las funciones implementadas en el código del motor CLP para ser compatibles con las funciones utilizadas por la librería OSI del modelo PLP. Cabe señalar que la implementación del motor CLP no requirió de modificaciones al código PLP ni modificaciones a la librería OSI. Al implementar la librería OSI en la versión 3.0 del PLP se especificaron una serie de rutinas “genéricas” las cuales hacen de enlace entre el modelo PLP y la suite de optimización a utilizar, por lo que sólo falta implementar en CLP las funciones a las cuales llaman esas rutinas y no existen en la versión actual del CLP original.

El proceso de implementación de las funciones no disponibles en la versión original del CLP consta de dos fases:

a) Métodos básicos:

Los cuales se utilizan normalmente al ejecutar el modelo PLP y utilizan los siguientes métodos OSI:

- Osi_lp_getsolversion
- Osi_lp_getconditionnumber
- Osi_lp_getcoefficient
- Osi_lp_setcoefficient
- Osi_lp_writelp

b) Método para cortes en el modo de Farkas:

Los cuales se utilizan únicamente al activar la metodología de cortes a través del lema de Farkas (opción 2) en las entradas al modelo PLP. El método OSI respectivo es:

- Osi_lp_getextremeray

4 CASOS DE ESTUDIO

Para validar la implementación realizada y verificar la utilidad de esta herramienta para el usuario final, se presentan los resultados PLP para dos casos de estudio correspondientes a programaciones semanales oficiales:

- Caso 1: Programación Semanal para el 10 de Febrero de 2017.
- Caso 2: Programación Semanal para el 17 de Marzo de 2017.

Para los casos considerados se presentan los resultados del valor de agua (VA) para los embalses del SIC, utilizando CPLEX y CLP como motores de optimización. Adicionalmente se presenta la generación de los embalses y los costos marginales (CMg) para las barras Maitencillo 220kV, Quillota 220kV, Alto Jahuel 220kV y Charrúa 220kV.

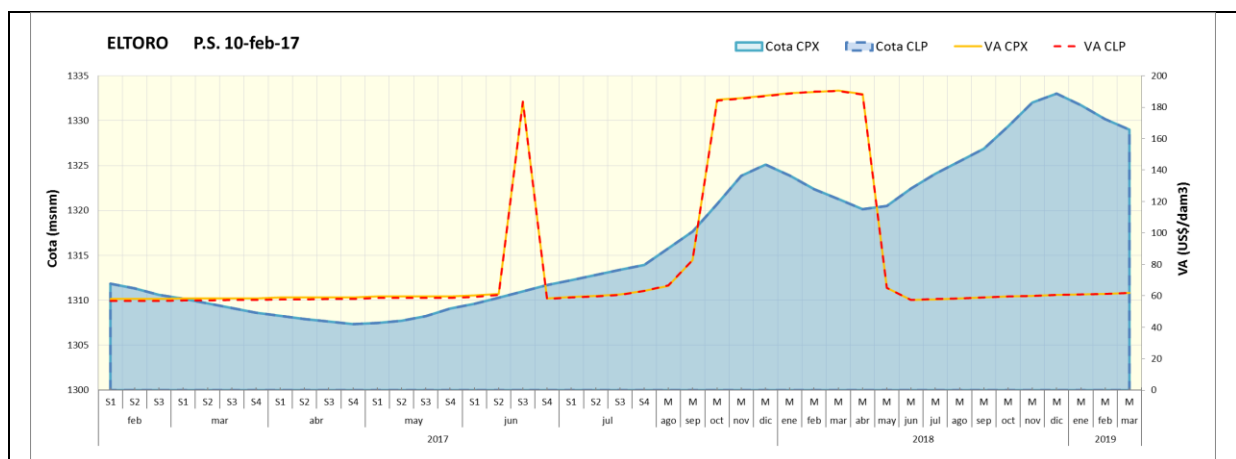
Los resultados presentados con CPLEX son idénticos a los oficiales obtenidos de las salidas de las programaciones mencionadas, las cuales están disponibles tanto en la web como en la REDCDEC. Los resultados obtenidos con CLP fueron corridos utilizando la versión 1.16m, desarrollada como parte de este proyecto.

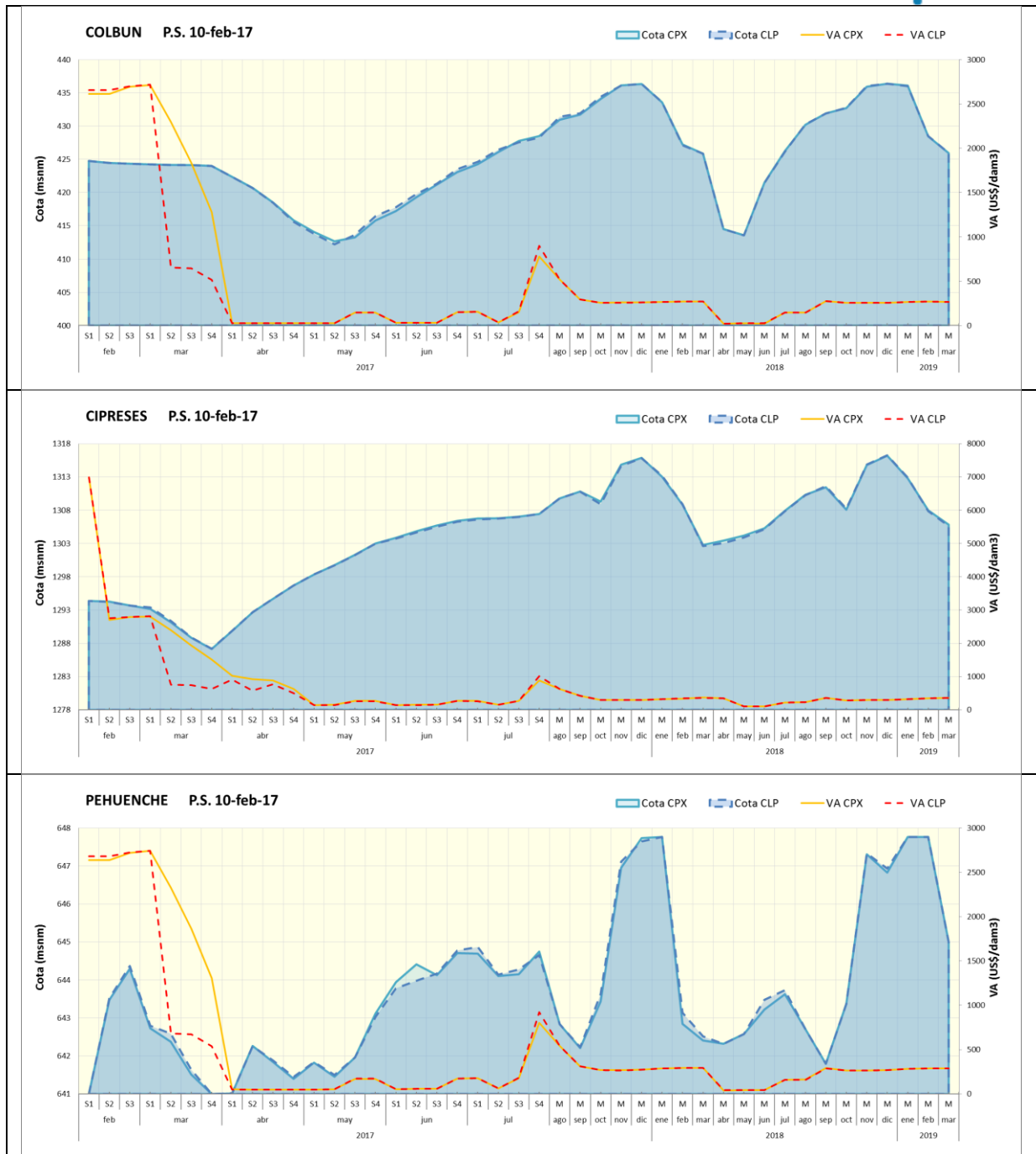
Las gráficas presentadas a continuación corresponden a las salidas de hidrología promedio (MEDIA) para los valores del agua, trayectorias de cotas, generación de centrales de embalses y costos marginales.

a) Caso 1: Programación Semanal 20170210

Los resultados de las programaciones semanales realizadas durante el mes de febrero se ajustan bastante a las entregas de riego que se requieren tanto en la zona del Laja como en la de Colbún, por ende la generación determinada por el modelo para las centrales el Toro y Colbún durante las primeras semanas no se verá afectada por el motor de optimización utilizado.

A continuación se presentan los valores de agua y los perfiles de cotas obtenidos como resultado de la ejecución del modelo PLP con ambos *solvers*.





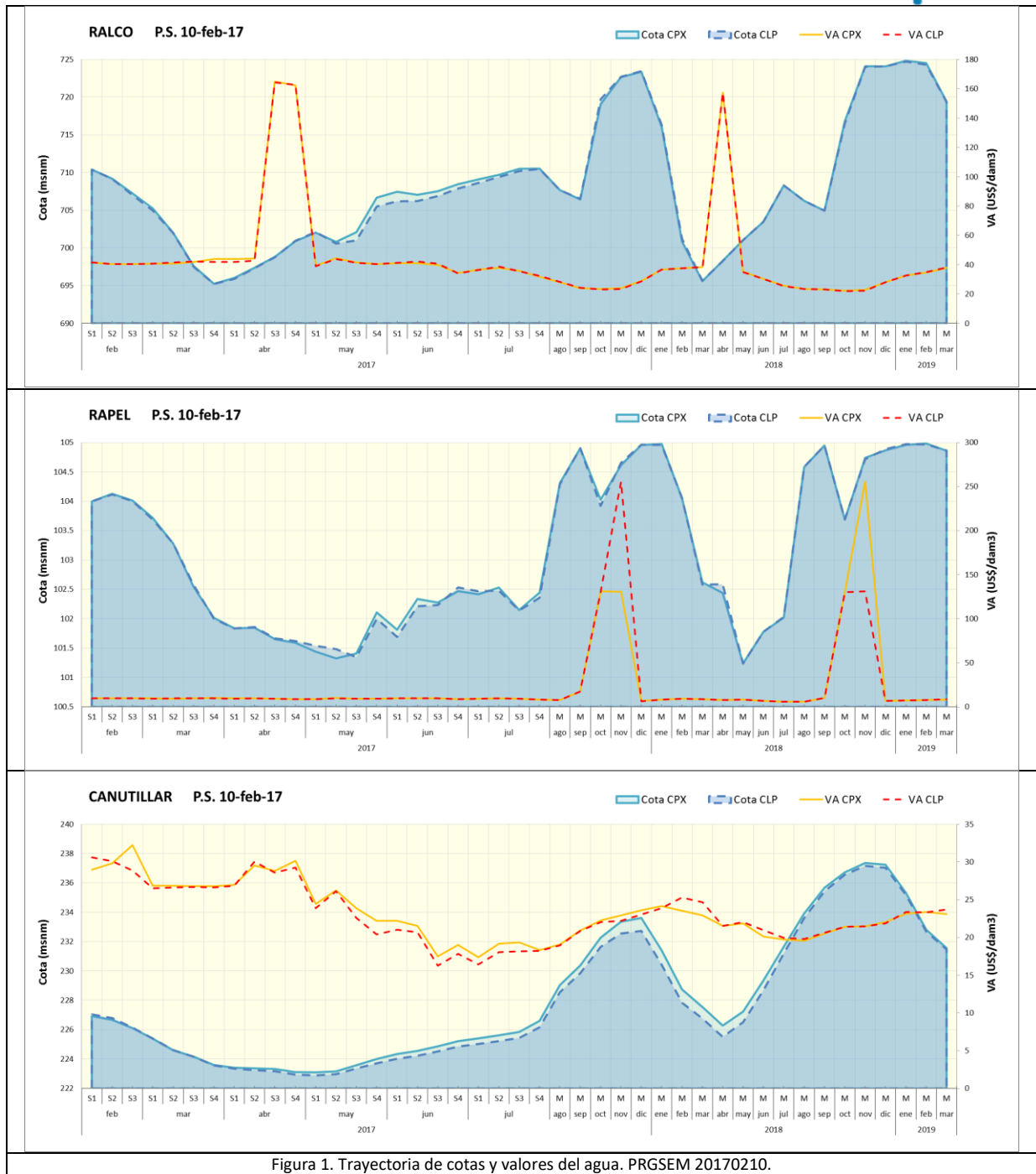
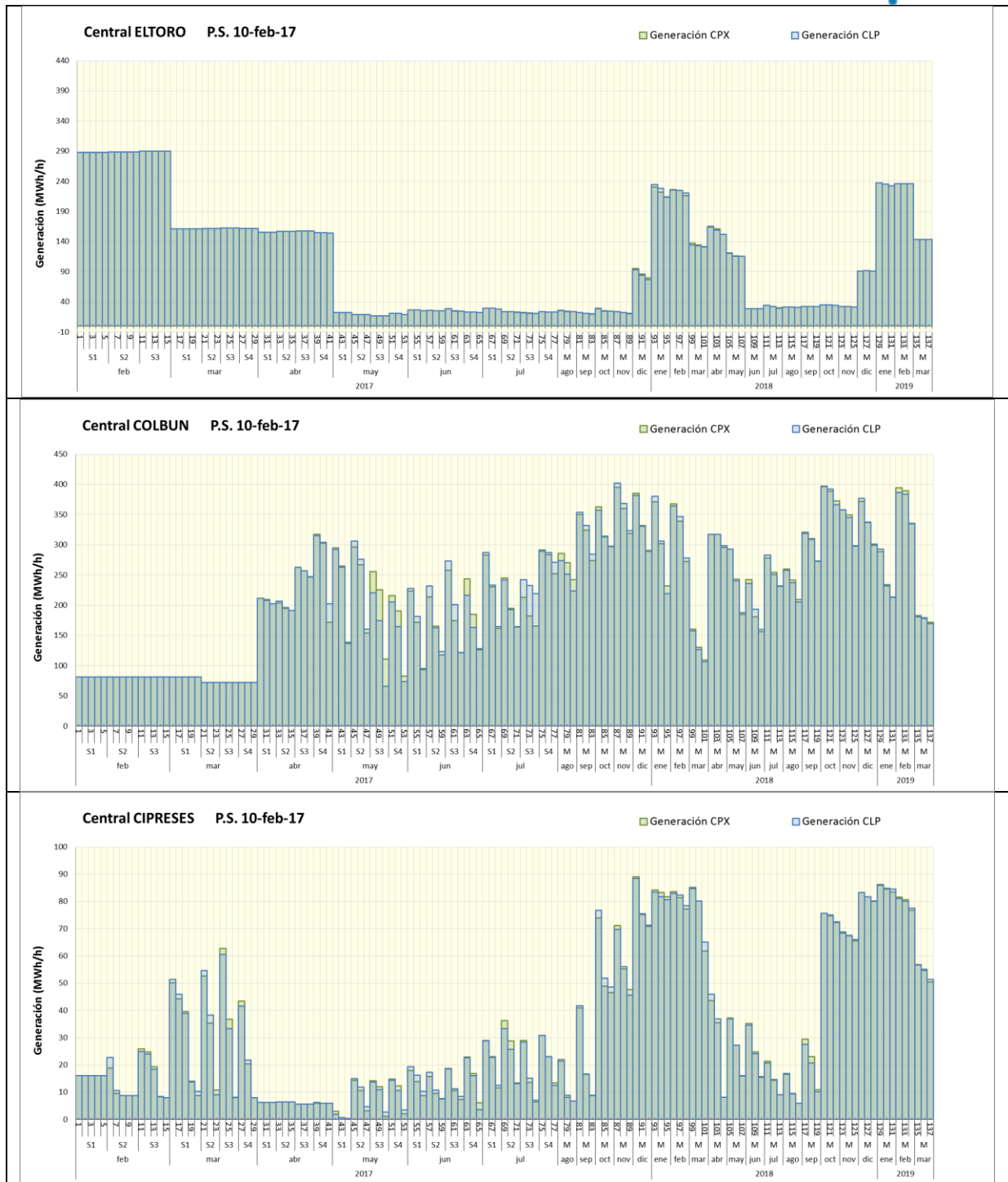
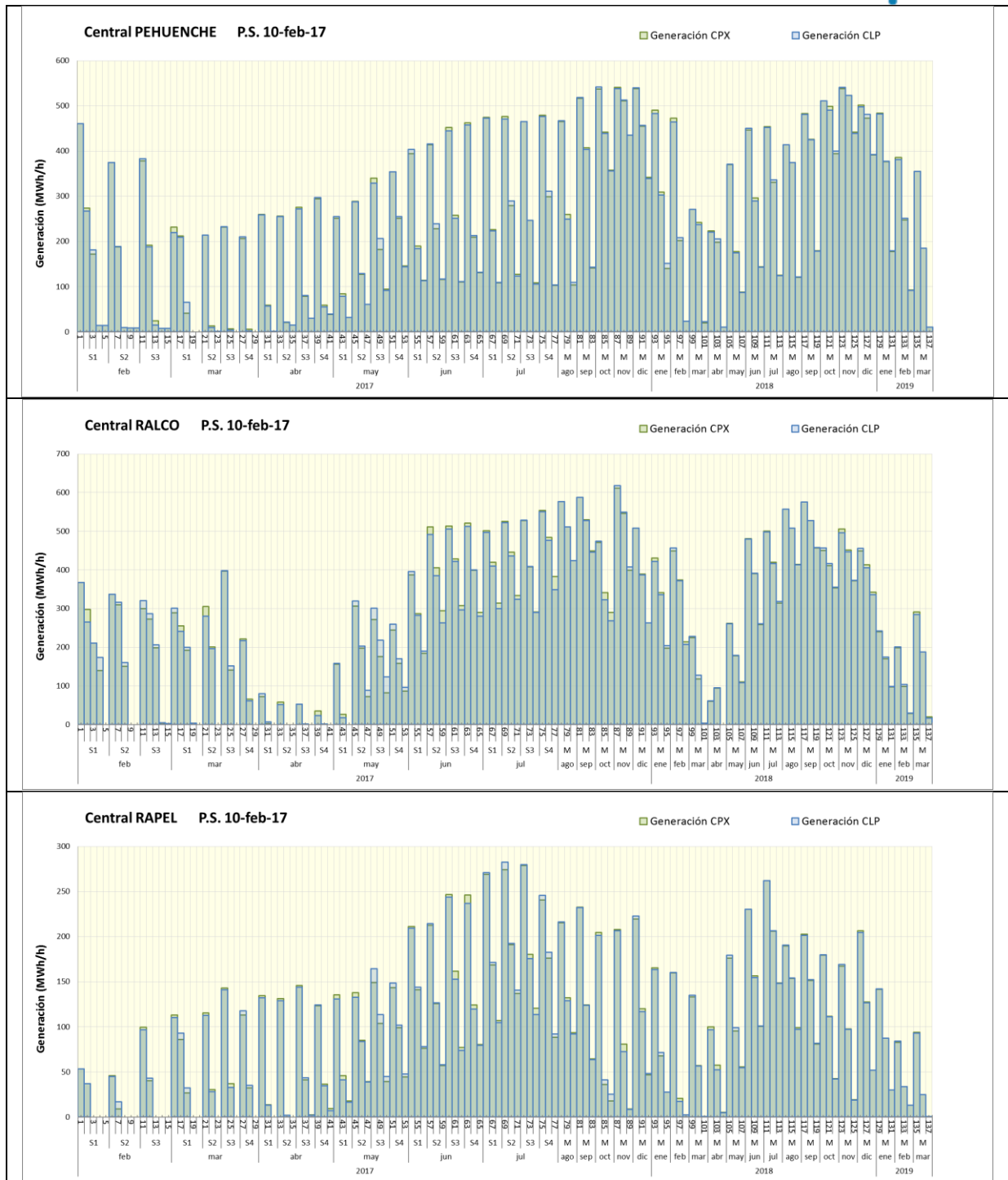


Figura 1. Trayectoria de cotas y valores del agua. PRGSEM 20170210.

De acuerdo a lo presentado en la Figura 1, se aprecia que en ambas simulaciones se obtienen resultados similares. Los valores obtenidos con el motor CLP poseen las mismas tendencias que lo obtenido utilizando CPLEX y las diferencias presentadas se explican por los algoritmos de solución de los solvers respectivos.

Para observar más en detalle los resultados de las centrales de embalse, a continuación se presentan las salidas de generación promedio para cada uno de ellos.





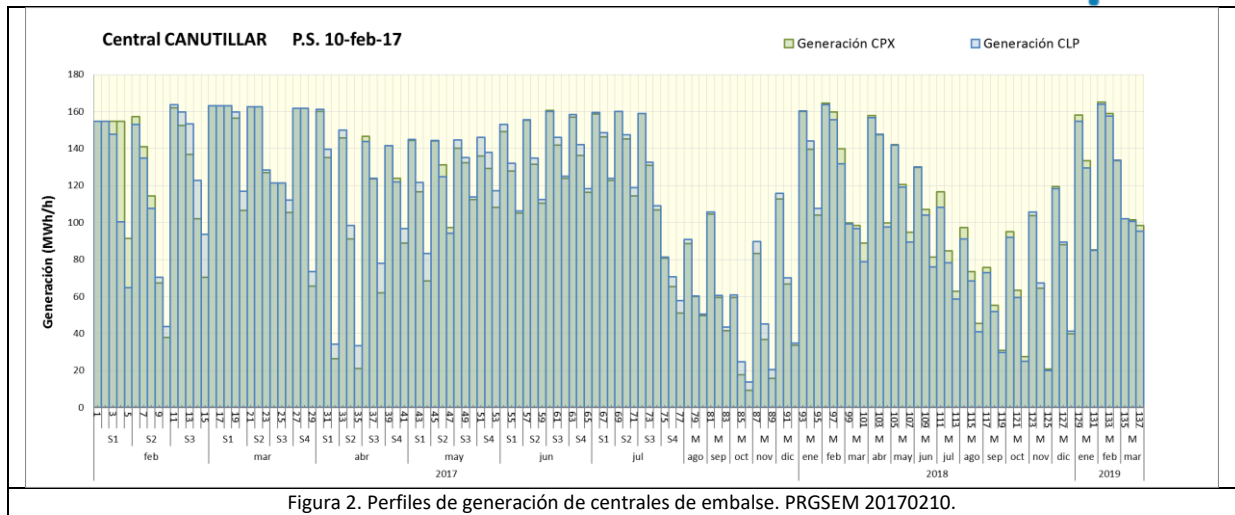
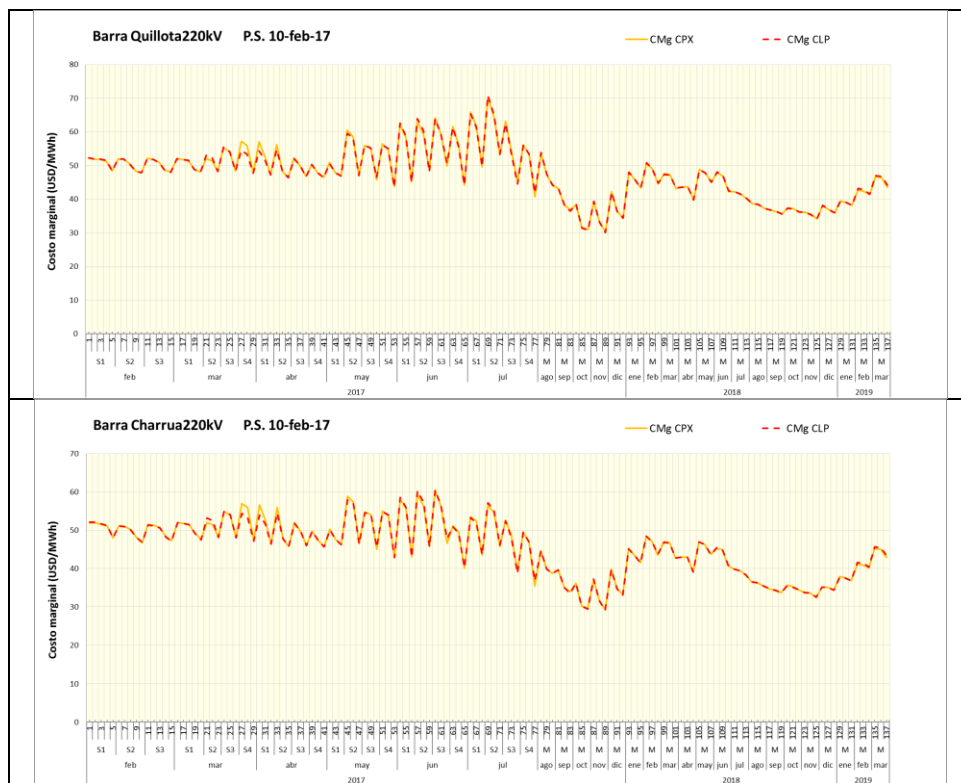


Figura 2. Perfiles de generación de centrales de embalse. PRGSEM 20170210.

De la Figura 2 se puede observar que los perfiles de generación son muy similares respecto a las ejecuciones hechas con ambos motores de optimización. Si bien hay leves diferencias en los empuntamientos de las centrales durante los primeros bloques de cada etapa (mayor demanda), en el mediano y largo plazo la colocación de energía es similar.

A continuación se presentan los costos marginales obtenidos en distintas barras del sistema.



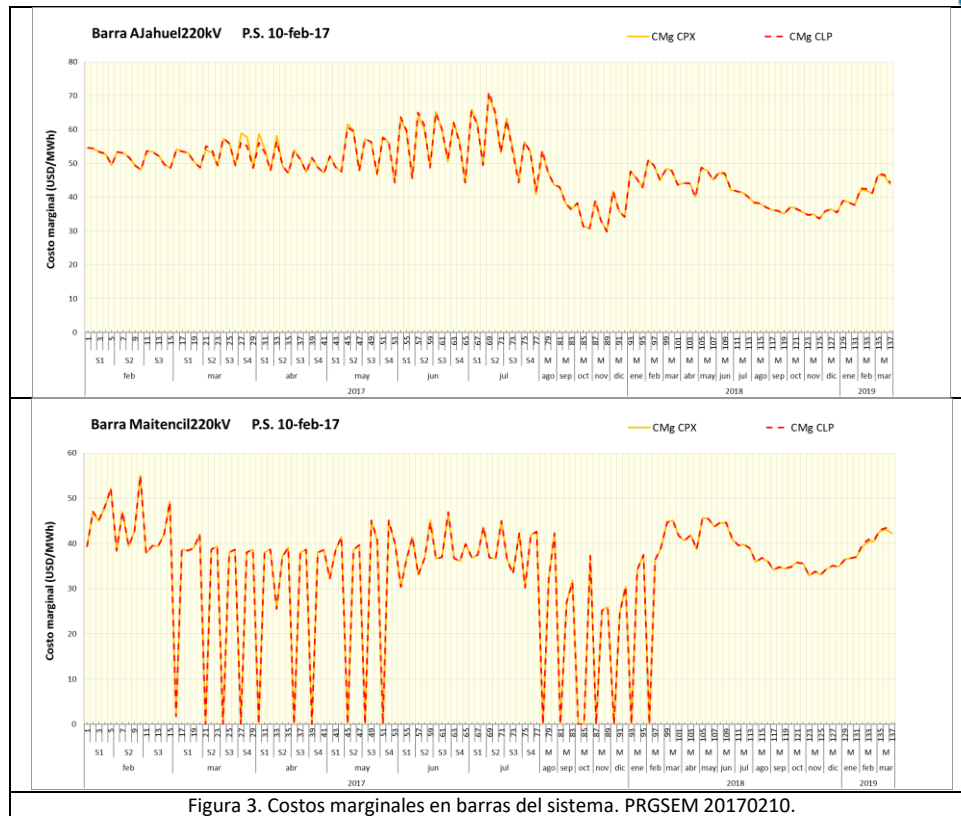


Figura 3. Costos marginales en barras del sistema. PRGSEM 20170210.

De la Figura 3 se observa que los costos marginales obtenidos son similares entre ambos motores y no existen grandes diferencias al respecto. Se aprecia que ambos resultados siguen la misma tendencia en el mediano y largo plazo.

La última comparación se puede apreciar en la Figura 4, en la cual se comparan los costos de operación obtenidos con cada uno de los motores de optimización. De la figura se desprende que en ambos casos los resultados son muy similares y las diferencias serían imperceptibles entre ellos. Esto comprueba que el problema fue resuelto de manera adecuada por el CLP, ya que es capaz de entregar salidas similares a lo que se obtiene con CPLEX.

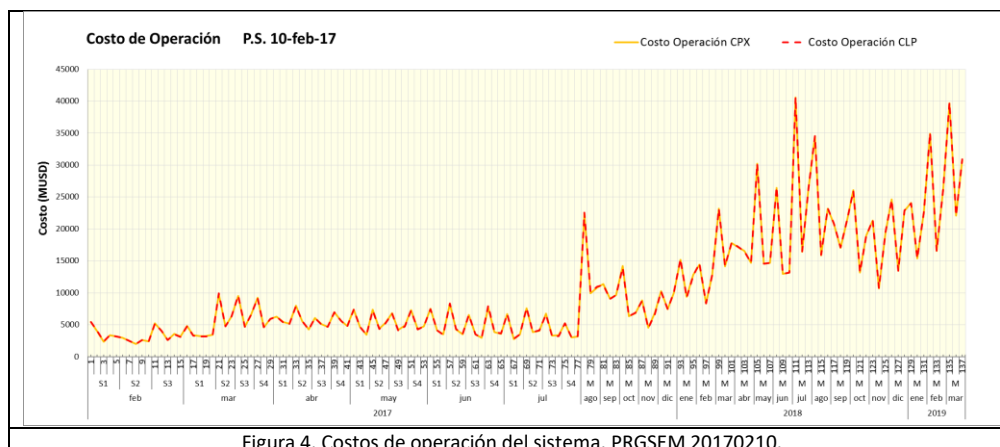
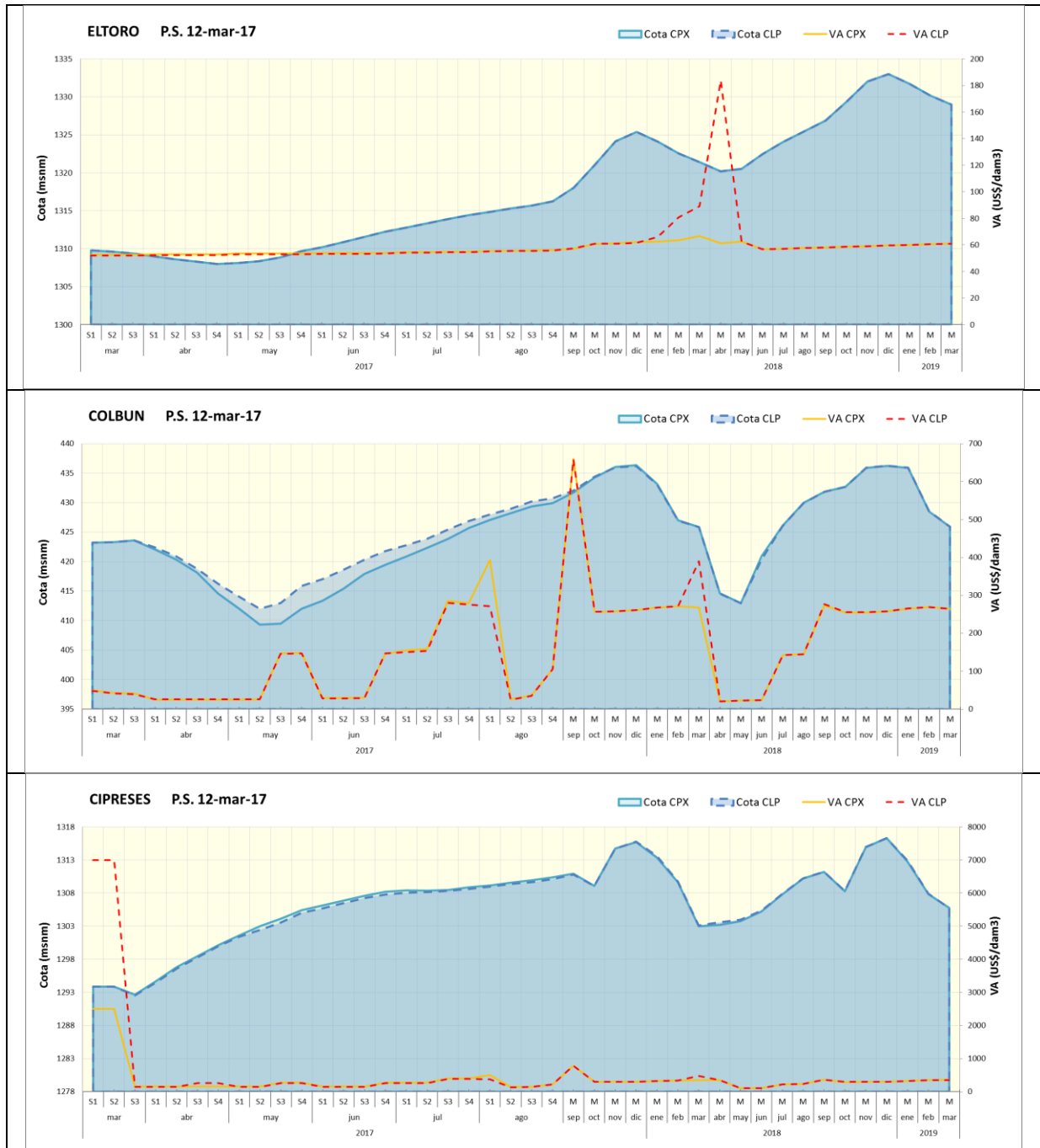


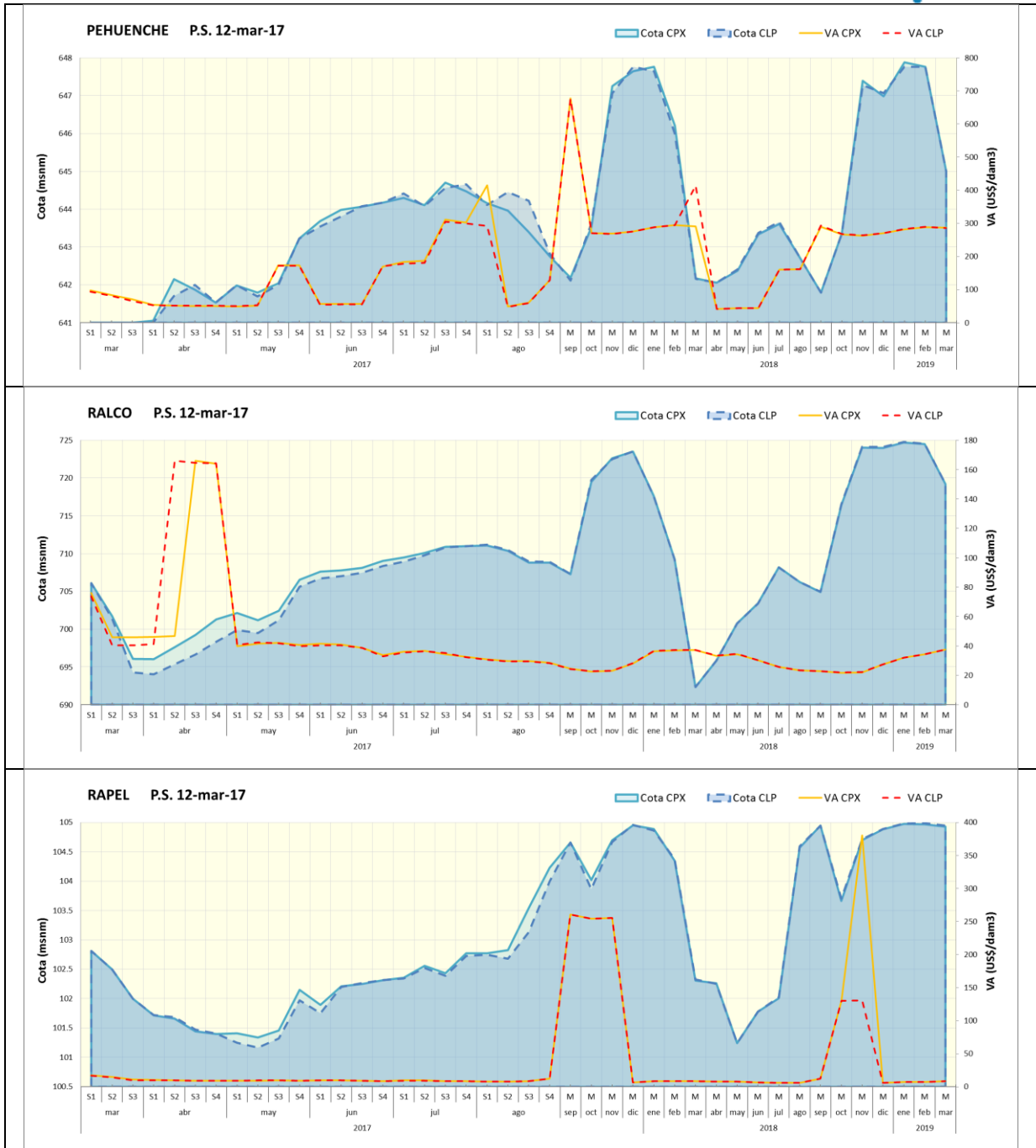
Figura 4. Costos de operación del sistema. PRGSEM 20170210.

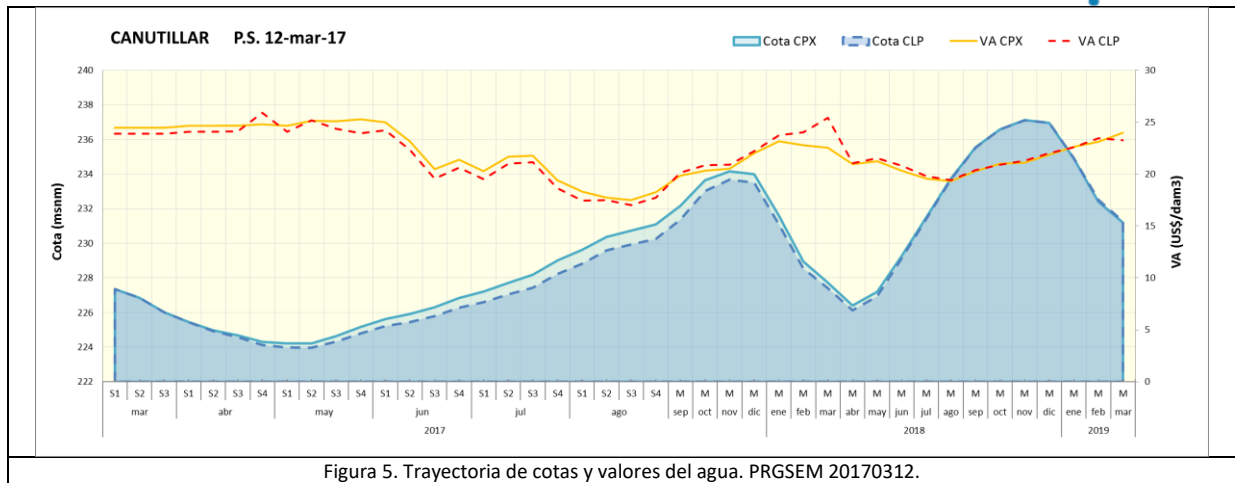
b) Caso 2: Programación Semanal 20170312

En el mes de Marzo las programaciones semanales siguen presentando resultados influidos por restricciones de riego, al igual que en Febrero. Sin embargo, este mes tiene requerimientos de riego menores y afluentes disminuidos, por lo que es esperable una mayor proporción de generación térmica.

A continuación se presentan los valores de agua y perfiles de cotas obtenidos como resultado de la ejecución del modelo PLP con ambos motores de optimización.

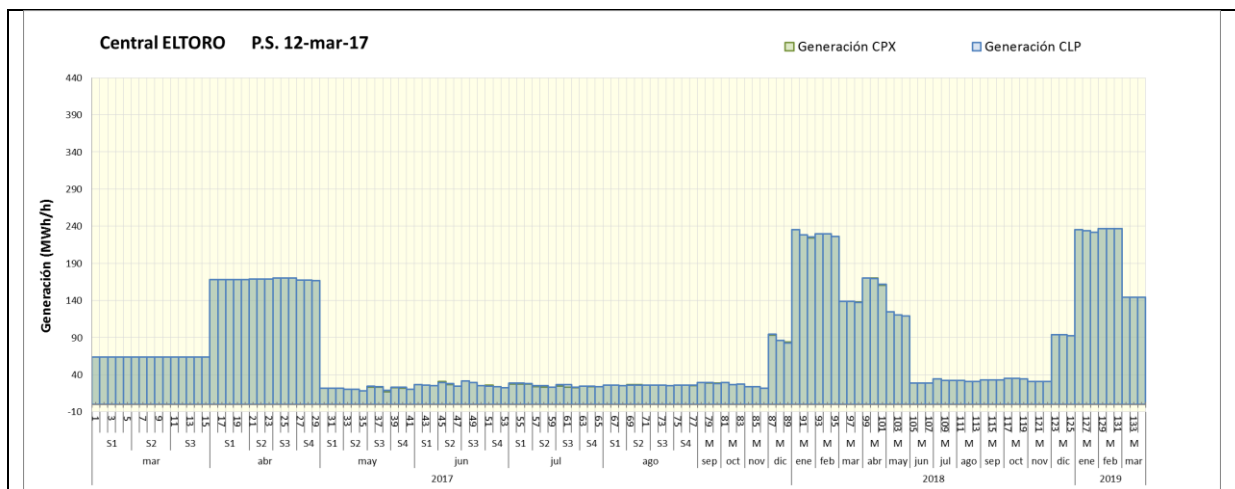


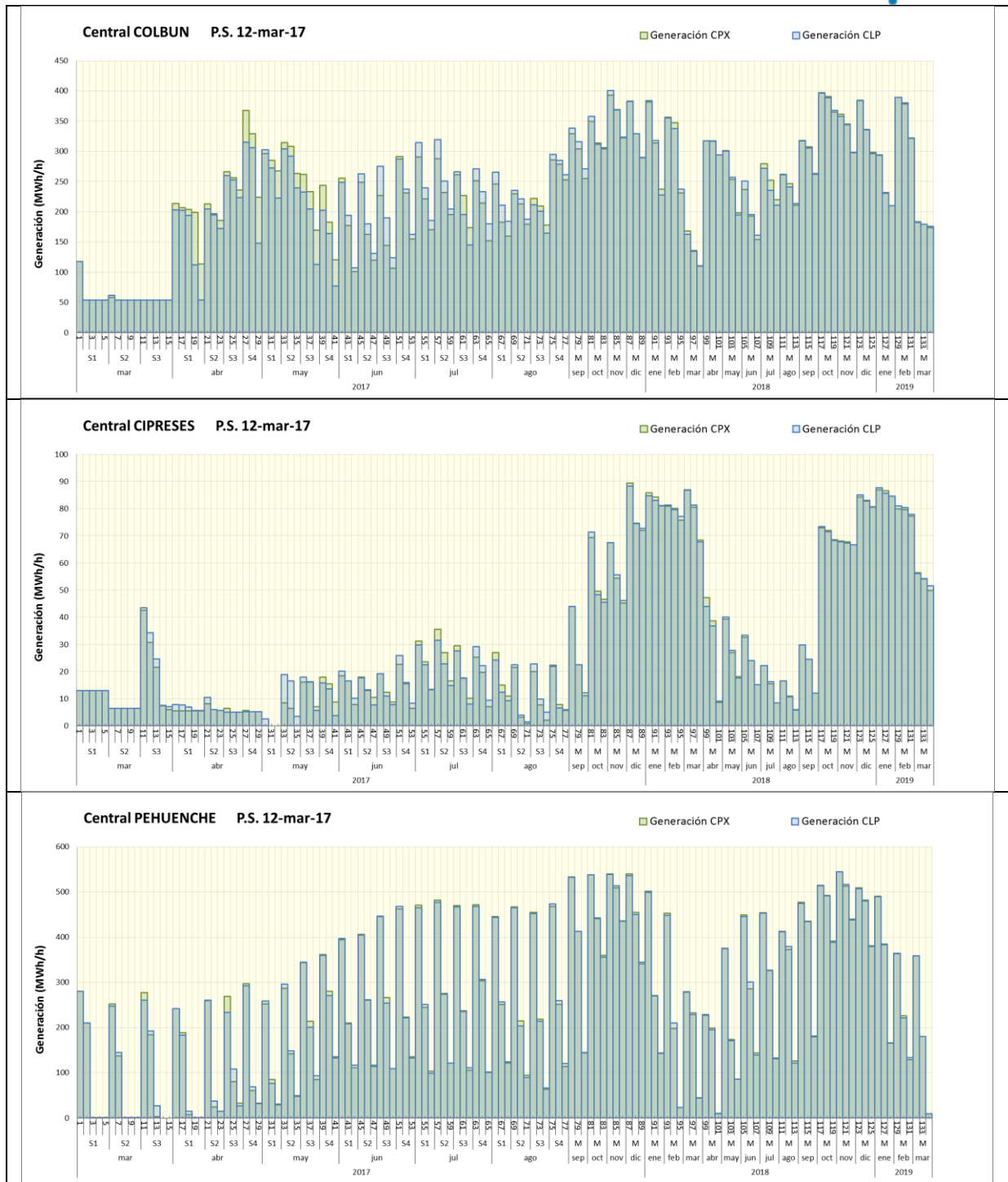




Tal como se pudo observar en el Caso 1, la trayectoria de los embalses del Caso 2, presentada en la Figura 5, posee una tendencia similar al contrastar los resultados de ambos motores de optimización. Se aprecian diferencias puntuales cuando existen cambios bruscos en el valor del agua de los embalses, pero aun así, no se aprecia que las cotas resultantes varíen fuertemente.

A continuación, la Figura 6 muestra la generación resultante para los diferentes embalses modelados del sistema.





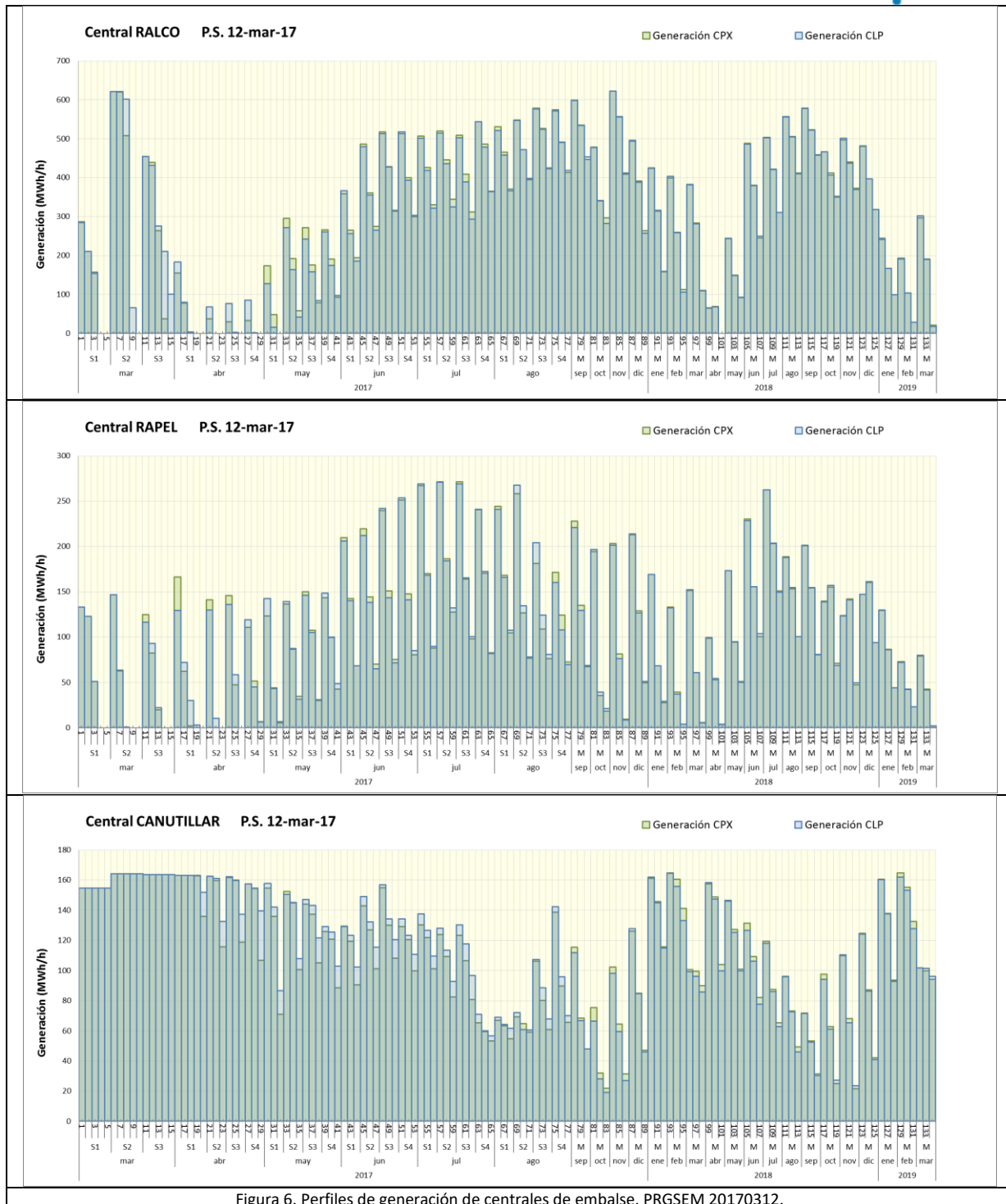


Figura 6. Perfiles de generación de centrales de embalse. PRGSEM 20170312.

De la Figura 6, anteriormente presentada, se observada que la respuesta en generación para las centrales de embalse no posee grandes diferencias para uno u otro *solver*. Se detectan leves diferencias en el corto plazo para embalses como Colbún o Canutillar, pero éstas se contrarrestan en el mediano o largo plazo. El resto de los embalses presentarían valores muy similares para todo el horizonte de planificación.

En la Figura 7 se presentan los costos marginales obtenidos con ambos motores de optimización para este caso.

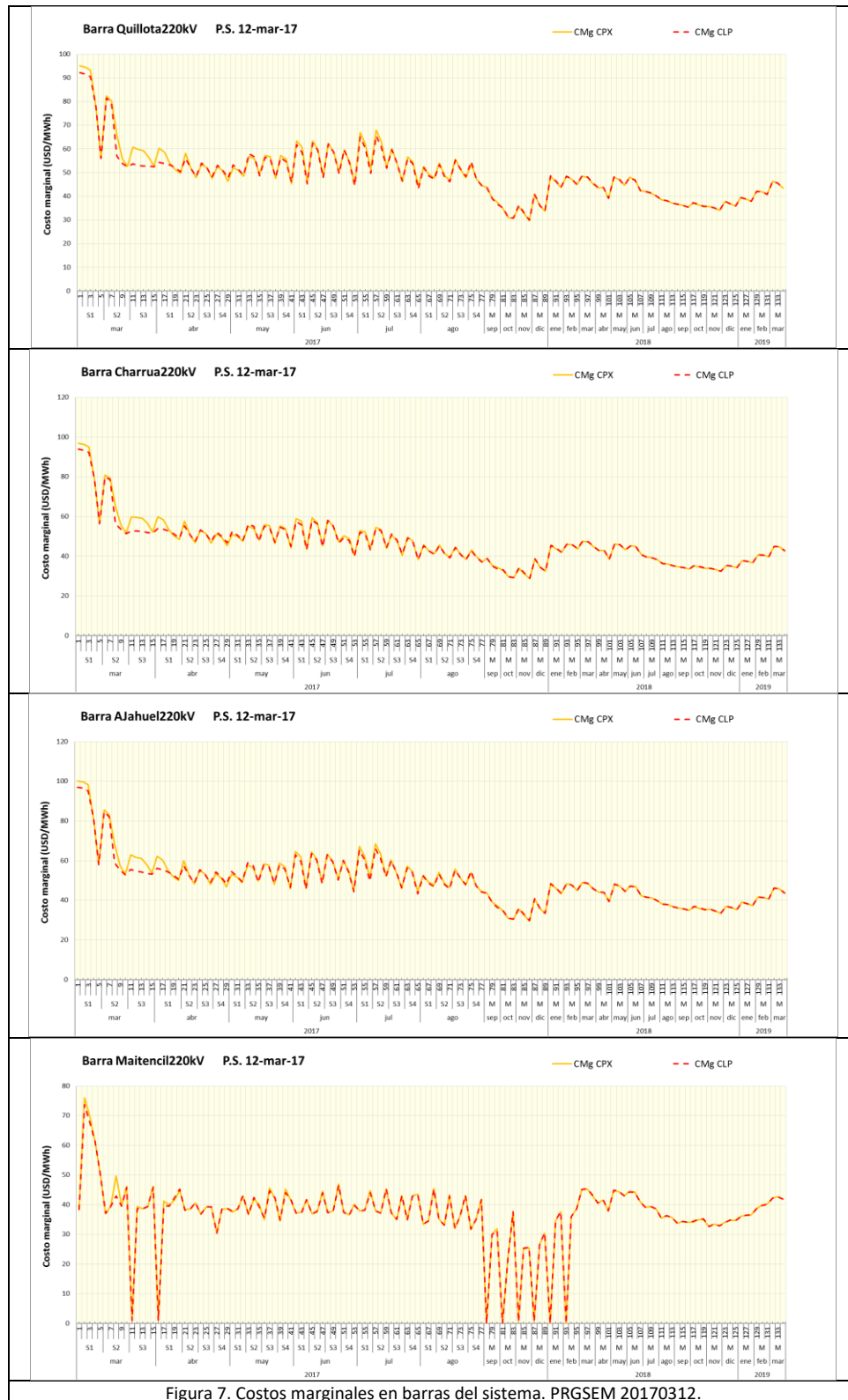


Figura 7. Costos marginales en barras del sistema. PRGSEM 20170312.

De las gráficas anteriores se puede observar que en el mediano y largo plazo los marginales obtenidos son muy similares al comparar los resultados de ambos motores. Si se puede apreciar una leve diferencia en los costos obtenidos

para la tercera semana de marzo y la primera de abril, pero esto no se ve representado en un cambio en la colocación de energía de los embalses como se pudo observar en la Figura 6.

En la Figura 8, presentada a continuación, se puede observar los costos de operación promedio resultantes para la resolución del caso con ambas *suites* de optimización. De los resultados mostrados se puede concluir que las diferencias con respecto a los costos de operación son menores. En ambos casos la tendencia es muy similar y quedaría validado el hecho de que el problema resuelto sería el mismo para ambos motores.

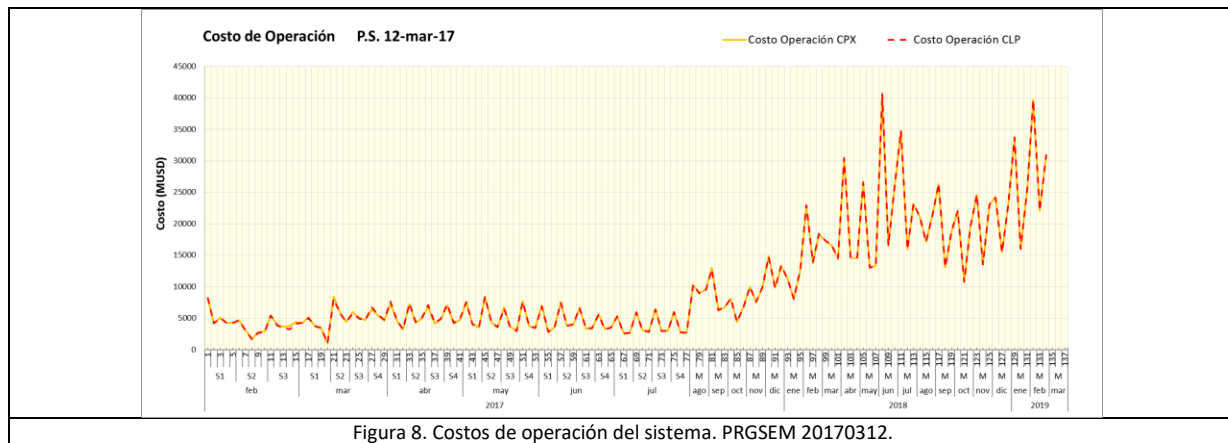


Figura 8. Costos de operación del sistema. PRGSEM 20170312.

5 AJUSTE CONVENIO DEL MAULE EN PLPv3.1

Además de la incorporación del motor CLP al software PLP, se le realizó un ajuste interno al modelo el cual permite incorporar la hoya intermedia de la nueva Central La Mina al cálculo del caudal restituído en Armerillo para efectos de calcular el déficit del río en período de riego. Para establecer este ajuste dentro del modelo PLP v3.1 es necesario realizar una pequeña modificación al archivo plpmaule.dat.

En versiones previas a PLPv3.1 se tienen las siguientes líneas en el formato de entrada:

'NomAflInve '			
'CIPRESES '	'n/a'	'texto'	'null'
'NomAflIsla '			
'B_M_Isla '	'n/a'	'texto'	'null'
'NomAflMaule '			
'LMAULE '	'n/a'	'texto'	'null'
'NomAflPehuenche '			
'Rio_Melado '	'n/a'	'texto'	'null'

A contar de la versión 3.1 se podrá agregar la clave de la nueva central La Mina adyacente a la clave para el Bocatoma Maule de Central Isla:

'NomAflInve '			
'CIPRESES '	'n/a'	'texto'	'null'
'NomAflIsla '			
'B_M_Isla '	'LA_MINA '	'texto'	'null'
'NomAflMaule '			
'LMAULE '	'n/a'	'texto'	'null'
'NomAflPehuenche '			
'Rio_Melado '	'n/a'	'texto'	'null'

Cabe señalar que esta modificación sólo es detectada por la versión 3.1 del software PLP. La versión 3.0 no se verá afectada por leer un archivo plpmaule.dat modificado de esta manera. Del mismo modo, la versión 3.1 no se verá afectada si este cambio no es realizado. En este último caso, el modelo PLP se ejecutará bajo las mismas condiciones que el modelo PLPv3.0.

6 CONCLUSIONES

Luego de presentar los resultados que comparan las ejecuciones con los *solvers* CPLEX y CLP se pueden destacar los siguientes aspectos:

- El uso del motor de optimización CLP permite obtener resultados muy similares a los obtenidos por CPLEX, actualmente utilizado en el proceso de Programación Semanal elaborado por el Coordinador.
- El uso de CPLEX para contrastar los resultados del desarrollo del CLP es referencial. Si bien ambos *solvers* producen resultados muy similares, el objetivo de este trabajo no era buscar mejorar soluciones a través de otro motor, sino que la idea es ampliar la gama de optimizadores (habilitando uno de acceso libre) para poder ejecutar el modelo PLP.

7 REFERENCIAS

[1] Mancilla, Diego, «Modificación al motor de optimización CLP para su inclusión al modelo PLP,» 2017.

ANEXO