

**Elaborado por:**  
Manuel Uribe González

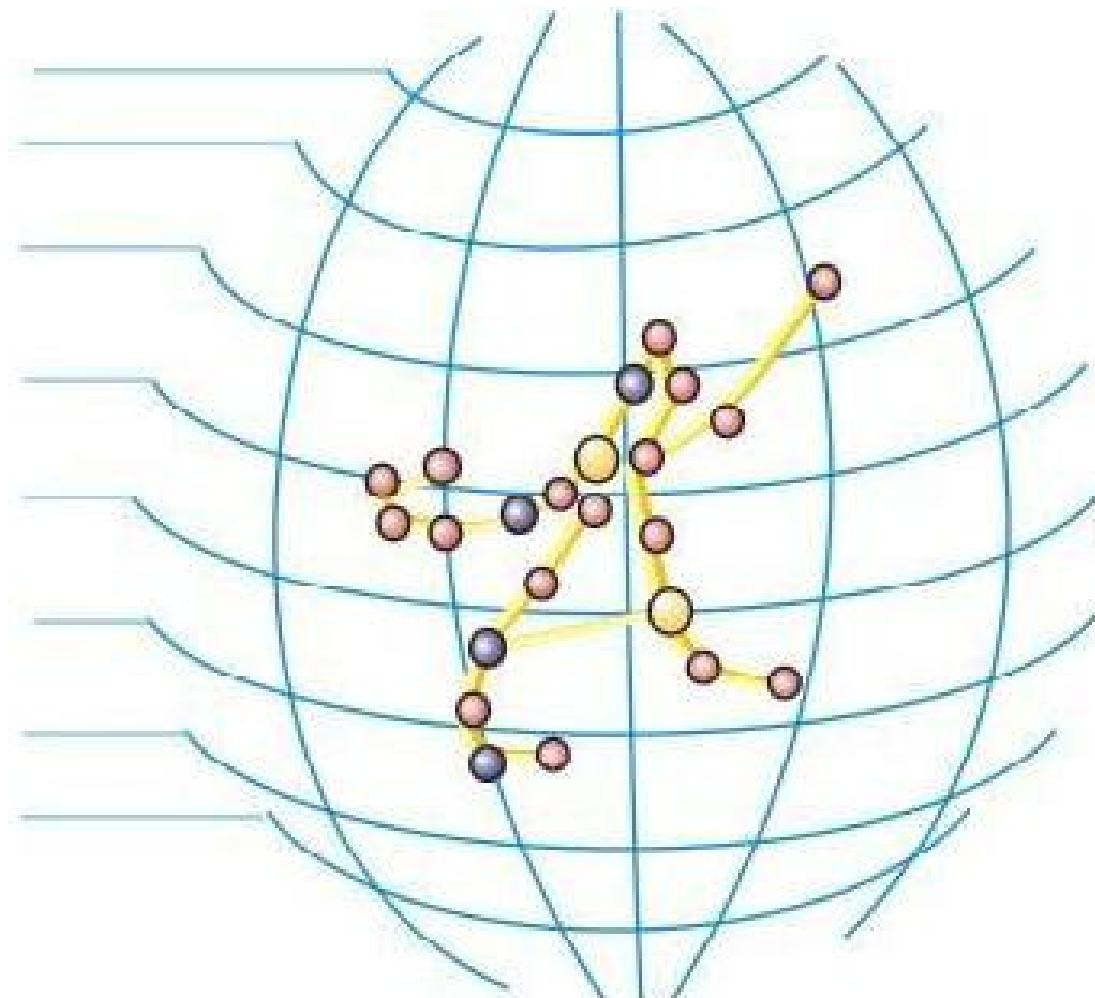
Especialista II

**Revisado por:**  
Daniel Cámac Gutiérrez

Gerente División Generación y Transmisión Eléctrica

**Aprobado por:**  
Víctor Ormeño Salcedo

Gerente Adjunto Regulación Tarifaria



# PERSEO

## Tabla de Contenido

1	Introducción .....	4
2	Estructura del Programa .....	5
2.1	Esquema Funcional del Modelo .....	5
2.2	Módulos del Programa.....	6
2.3	Compilación y Enlace de los Programas .....	7
2.3.1	Requerimiento de Software y Hardware .....	7
2.3.2	Archivos del Programa.....	8
2.3.2.1	Código Interno Modificable .....	8
2.3.2.2	Código Externo no Modificable.....	9
2.3.3	Generación del Ejecutable .....	9
3	Estructura de Datos y Resultados .....	10
3.1	Introducción.....	10
3.2	Archivos Planos de Entrada de Datos .....	10
3.2.1	Estructura Jerárquica de los Archivos de Entrada .....	11
3.2.2	Detalles de los Archivos de Entrada.....	13
3.3	Archivos de Resultados del Modelo .....	31
4	Análisis de Datos Errados .....	35
4.1	Introducción.....	35
4.2	Mensajes de Validación de Datos .....	35
4.3	Mensajes de Validación del Problema.....	35



Osinerg  
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía

**MANUAL TÉCNICO:  
USO DEL MODELO PERSEO**

Código	: GART-DGT-MT-02
Revisión	: 01
Fecha	: 13 Jul 06
Página	: 3 de 50

4.3.1	Nombre de las variables utilizadas .....	35
4.3.2	Nombre de las restricciones consideradas .....	36
4.3.3	Uso del CPLEX® para detectar problemas .....	36
5	Casos de Estudio.....	37
5.1	Introducción.....	37
5.2	Caso 1: Sistema hidrotérmico Uninodal.....	37
5.2.2	Construcción de los Archivos de Entrada para el Caso 1 .....	39
5.2.3	Resultados de la Aplicación .....	44
5.3	Caso 2: Efecto de la Red de Transmisión .....	45
5.3.1	Datos del Sistema Eléctrico .....	46
5.3.2	Análisis de los Resultados .....	48

## 1 Introducción

El objetivo del presente manual es dar a conocer la forma de uso, la potencialidad y flexibilidad del Modelo PERSEO (en adelante “el Modelo”) para la determinación de costos marginales de energía en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

El Modelo se elaboró con el objeto de resolver las limitaciones de los modelos utilizados, con anterioridad a la existencia del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), para el cálculo de los precios de energía en barra en los Sistemas Interconectados Centro Norte (Modelo JUNRED/JUNTAR) y Sur (Modelo CAMAC), los cuales no se consideraban adecuados para representar las complejidades del sistema hidrotérmico nacional, dado que habían sido desarrollos ad-hoc para.

En la primera parte de este manual se efectúa una descripción de la estructura y esquema funcional del programa. Así mismo, se presentan algunas sugerencias de compilación y enlace de los códigos objeto.

En la segunda parte se presenta una descripción de los archivos de datos de entrada que son necesarios, así como los archivos de resultados obtenidos de la aplicación del Modelo.

Finalmente, en la última parte se presentan diversos casos de estudio, los cuales varían desde sistemas eléctricos con configuraciones simples basándose en grupos térmicos hasta sistemas con centrales hidroeléctricas y embalses de regulación dispuestas en complejas estructuras hidráulicas, e interconectadas a través de redes de transmisión enmalladas.

## 2 Estructura del Programa

### 2.1 Esquema Funcional del Modelo

En la Figura 2.1 se muestra el esquema funcional del Modelo. Como se aprecia el primer nivel corresponde a la lectura de los archivos de datos, los cuales contienen toda la información relevante que se requiere para representar el sistema energético y eléctrico en el modelo matemático de planificación de la operación hidrotérmica.

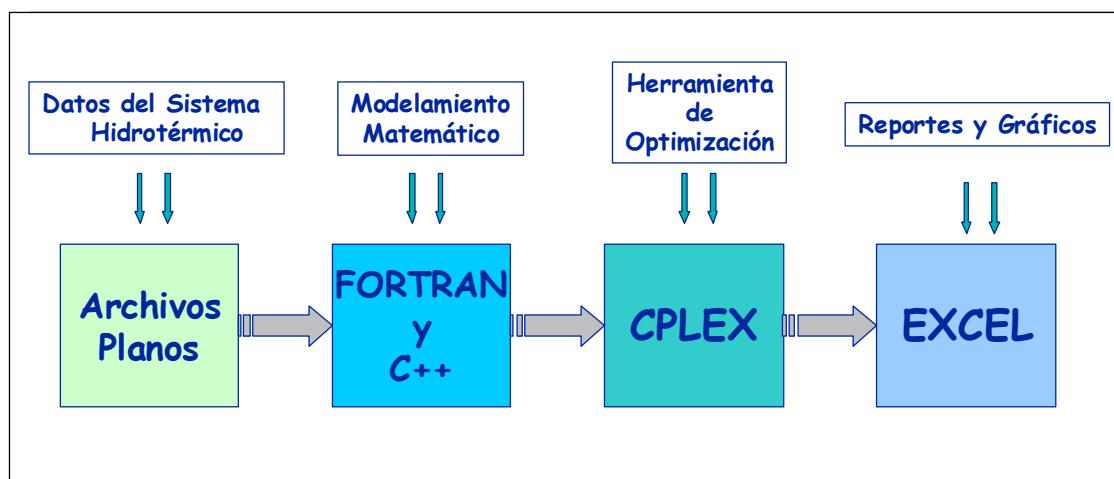


Figura 2.1 Esquema Funcional del Modelo

Para efectuar la formulación matemática se han implementado, en FORTRAN y C++, un conjunto de rutinas que traducen los datos ingresados en las ecuaciones matemáticas correspondientes.

Una vez efectuado el modelamiento matemático se realiza la llamada a la herramienta de optimización, que en este caso, corresponde al optimizador CPLEX®. Este optimizador, se encarga de obtener la solución óptima de mínimo costo para cada una de las secuencias hidrológicas evaluadas, para ello dispone de varias técnicas de optimización lineal.

Finalmente, de acuerdo con las opciones de impresión definidas en el archivo correspondiente se generan los reportes con un formato compatible con el EXCEL.

De acuerdo con los parámetros especificados, y tal como se muestra en la Figura 2.2, existen diversas opciones para representar a la red de transmisión eléctrica. En el caso de considerar las pérdidas de transmisión, el Modelo dispone de un proceso iterativo de convergencia. Es importante señalar que el problema matemático tiene en gran medida la estructura de un flujo en redes, sin embargo las ecuaciones que representan al flujo DC constituyen restricciones adicionales que no tienen la estructura de grafos mencionada. Por este motivo, el desempeño de los algoritmos para alcanzar la solución óptima depende en gran medida del tamaño de la red de transmisión que se desea modelar.

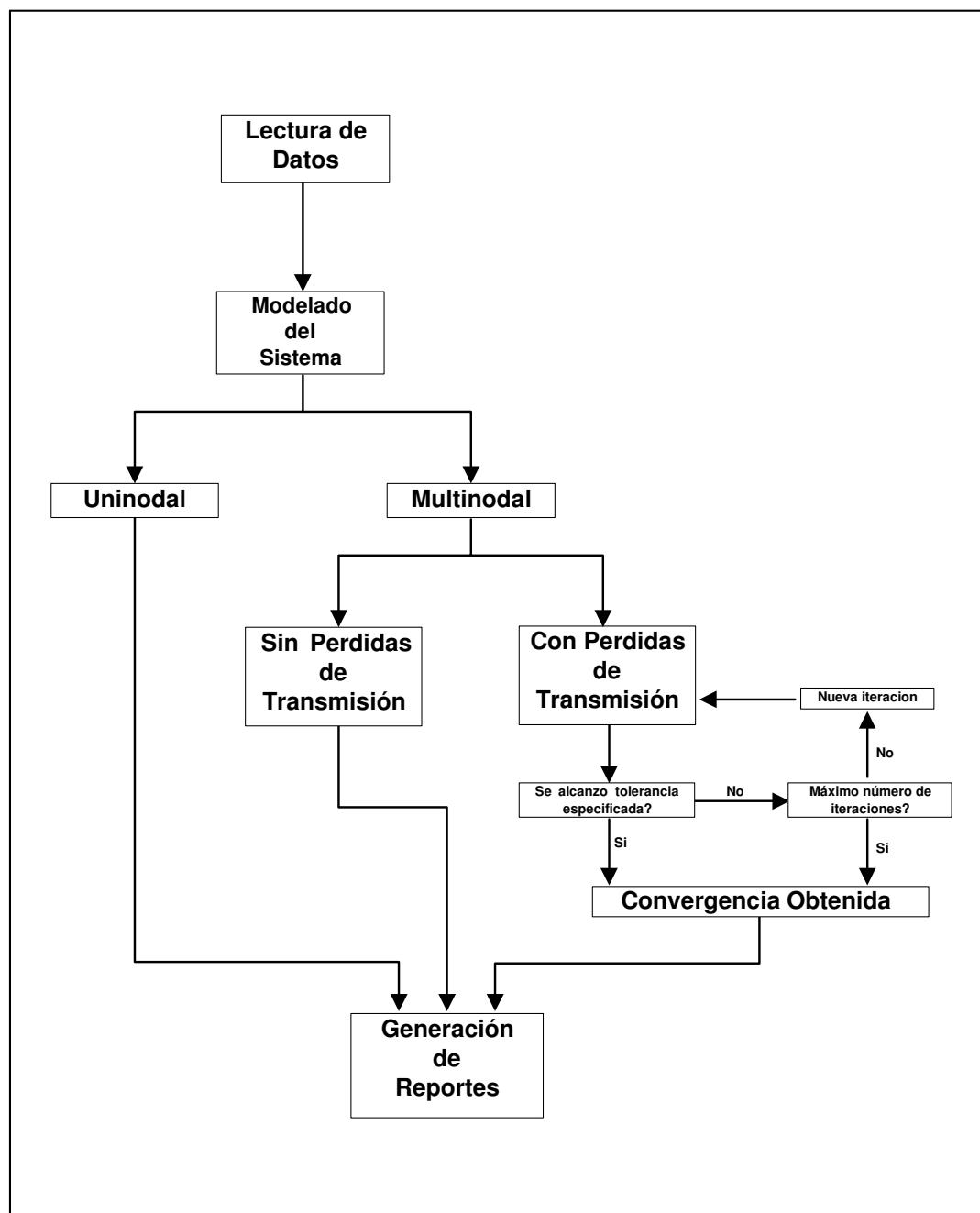


Figura 2.2 Opciones de Modelamiento de la Red de Transmisión

## 2.2 Módulos del Programa

El programa está estructurado en seis módulos, cada uno de los cuales agrupan subprogramas y/o funciones específicas orientadas a cumplir con los niveles definidos previamente en el esquema funcional. Los seis módulos del programa son:

- (i) **Lectura;** tiene la función de leer los datos de la oferta y demanda del sistema hidrotérmico. Prepara los datos para facilitar su manipulación en la construcción del modelo matemático.
- (ii) **Cálculo;** tiene la función de realizar todos los cálculos necesarios antes y después del proceso de optimización. Parte de los subprogramas de este módulo corresponden a la formulación de modelo matemático.
- (iii) **Optimización;** contiene los subprogramas de optimización y su función es encontrar la solución óptima al modelo matemático formulado.
- (iv) **Operación;** tiene la función principal de administrar todos los subprogramas para efectuar el despacho hidrotérmico por cada secuencia hidrológica.
- (v) **Planeamiento;** es el programa maestro desde el cual se realiza la llamada a todos los subprogramas contenidos en los módulos
- (vi) **Impresión;** tiene la función de generar todos los archivos de reporte en el formato CSV<sup>1</sup>.

Adicionalmente, se dispone de un módulo denominado **Librería** el que contiene subprogramas específicos de carácter general, los cuales son llamados con frecuencia por los subprogramas de los módulos principales.

## 2.3 Compilación y Enlace de los Programas

### 2.3.1 Requerimiento de Software y Hardware

Para poder utilizar el Modelo es necesario poseer obligatoriamente una licencia del software de optimización CPLEX® con las siguientes opciones:

- Cplex Base System
- Callable Library.

Existen dos tipos de licencia “Development” y “Deployment”, cualquiera de las cuales son útiles para ejecutar el Modelo con las opciones requeridas.

La configuración mínima recomendable de la arquitectura computacional corresponde a un procesador Pentium de 200 MHZ, 64 MB de memoria RAM y 500 MB de espacio libre en disco. Si se dispone de mejores configuraciones éstas influirán directamente en una mejora del desempeño del Modelo en cuanto a tiempo de ejecución.

El código fuente del Modelo fue desarrollado en los lenguajes FORTRAN y C++. El proceso de compilación para la generación de los archivos objeto se ha realizado con la versión 4.0 de MS Powerstation.

El ejecutable se puede generar con cualquier programa destinado a enlazar códigos objetos y/o librerías. En este manual se describe el proceso de enlace de los programas a través del compilador MS Visual C++ 4.0 o superior; ó alternativamente a través del compilador MS FORTRAN Powerstation 4.0 o superior.

---

<sup>1</sup> Comma Separated Values

### 2.3.2 Archivos del Programa

El programa consta de seis archivos objeto y cuatro librerías, tal como se puede ver en la Figura 2.3.

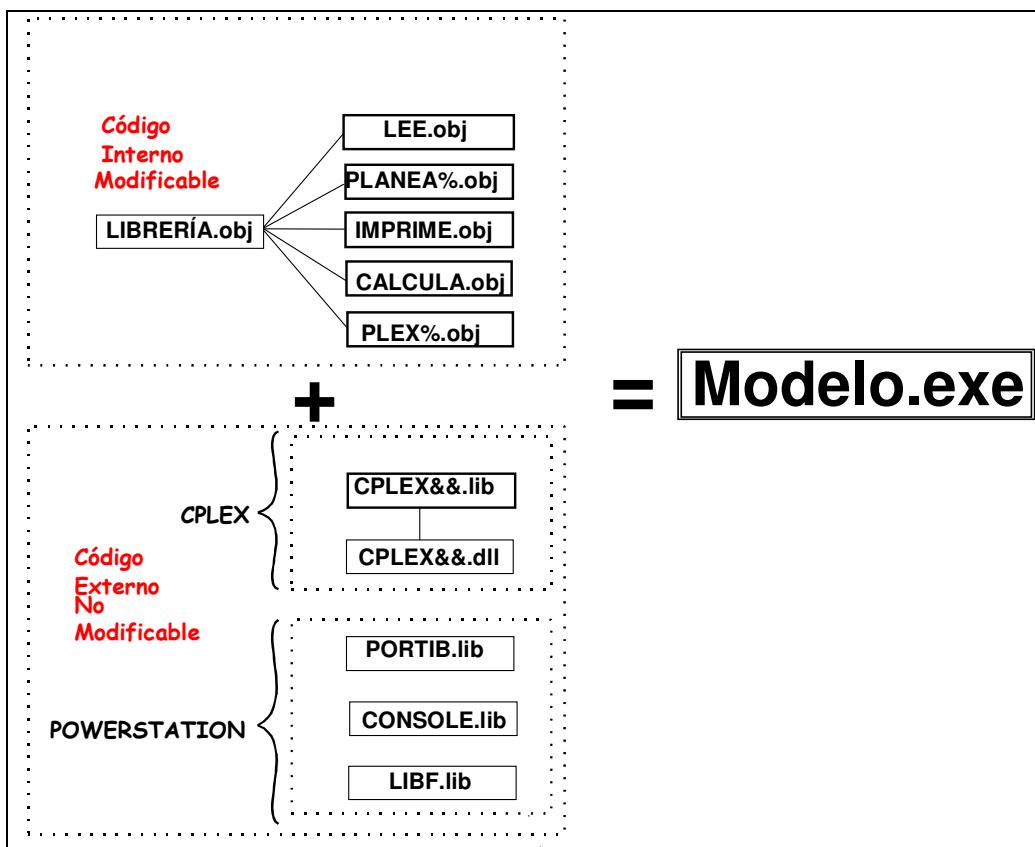


Figura 2.3 Compilación y Enlace de los Códigos

#### 2.3.2.1 Código Interno Modificable

Los archivos objeto son denominados códigos internos modificables debido que han sido generados por los desarrolladores del Modelo y son los factibles de modificar en caso de futuros perfeccionamientos. Estos archivos son:

- (i) **LEE.obj**; que representa al módulo de lectura.
- (ii) **CALCULA.obj**; que representa al módulo de cálculo.
- (iii) **PLEX.obj**; que representa al módulo de operación.
- (iv) **PLANEA.obj**; que representa al módulo de planeamiento.
- (v) **IMPRIME.obj**; que representa al módulo de impresión.

(vi) **LIBRERÍA.obj**; que representa al modulo librería.

Como se observa, los archivos objeto representan a la mayoría de los módulos del programa, salvo al módulo de optimización, el cual es un código externo no modificable y que se describe a continuación.

### 2.3.2.2 Código Externo no Modificable

Están constituidos por las librerías del CPLEX y del FORTRAN las cuales no pueden modificarse.

Los subprogramas de optimización del CPLEX están disponibles a través de la librería **CPLEX&&.lib** que permite el acceso a la librería dinámica **CPLEX&&.dll**. En este caso el símbolo “&&” corresponde a la versión del CPLEX, que puede ser la versión 6.0 o superior.

Las librerías **CONSOLE.lib**, **LBF.lib** y **PORTLIB.lib** son propias del FORTRAN Powerstation y contienen subprogramas especiales de manejo de pantalla y control de tiempo.

En el caso del Visual C++, se debe establecer la omisión de la librería **LICCD.lib**, pues de no hacerlo se generará un error al momento de generar el ejecutable.

### 2.3.3 Generación del Ejecutable

En esta sección se describe el proceso de generación del ejecutable a través del los compiladores MS FORTRAN Powerstation v4.0 o superior ó del VISUAL C++ v4.0 o superior.

Si se dispone del compilador de C++ indicado se deben utilizar, en el proceso de enlace, los archivos **PLEXC.obj** y **PLANEAC.obj**; mientras que si se dispone del compilador FORTRAN se deben usar los archivos **PLEXF.obj** y **PLANEAF.obj**. El procedimiento de enlace es el siguiente:

- (i)En el “IDE” del compilador seleccionado, se debe crear un nuevo proyecto del tipo “CONSOLE APPLICATION”.
- (ii)Agregar al proyecto creado los archivos objeto (**PLEXC.obj** ó **PLEXF.obj**, **PLANEAC.obj** ó **PLANEAF.obj**, **LIBRERÍA.obj**, **CALCULA.obj**, **IMPRIME.obj** y **LEE.obj**), la librería del CPLEX (**CPLEX&&.lib**); y las librerías del compilador MS FORTRAN Powerstation (**PORTLIB.lib**, **CONSOLE.lib** y **LBF.lib**) en el caso que se utilice un compilador diferente a éste.
- (iii)Seleccionar la opción para generar el ejecutable en la barra del menú principal.

Para poder hacer uso del ejecutable generado se debe copiar junto a este, en la misma carpeta o directorio en que reside, la librería dinámica **CPLEX&&.dll**.

### 3 Estructura de Datos y Resultados

#### 3.1 Introducción

En este capítulo se describen con detalle los archivos planos de entrada y de resultados. Inicialmente, se describe el nivel de jerarquía de los archivos de datos y enseguida se describen los campos de datos que comprenden. Finalmente, se explica la información que brindan al usuario los diferentes archivos de resultados.

#### 3.2 Archivos Planos de Entrada de Datos

Los archivos planos de entrada contienen toda la información necesaria para una adecuada representación del sistema hidrotérmico que se necesita evaluar. El número de archivos de entrada en total es veinte.

Un detalle importante que se debe tener en cuenta es la denominación *<Nombre>* de los archivos de datos, la cual permite identificar al caso de estudio y de esta forma es posible diferenciar un caso de otro. Así mismo, la denominación de la extensión de los archivos de datos indica el tipo de información que contiene. A continuación se enumeran los archivos de datos y se describen brevemente. Una explicación más profunda se presenta en la sección 3.2.2 de este manual:

- (1) *<Nombre>.dat* datos generales del estudio.
- (2) *<Nombre>.par* parámetros de ejecución y de impresión de resultados.
- (3) *<Nombre>.hor* duración en horas de los bloques horarios.
- (4) *<Nombre>.bar* datos de las barras del sistema eléctrico.
- (5) *<Nombre>.lin* datos de las líneas del sistema eléctrico.
- (6) *<Nombre>.cmb* datos de los combustibles.
- (7) *<Nombre>.emp* datos de las empresas que agrupan centrales termoeléctricas e hidroeléctricas.
- (8) *<Nombre>.cgt* datos de las centrales termoeléctricas.
- (9) *<Nombre>.gtt* datos de los grupos termoeléctricos.
- (10) *<Nombre>.cue* datos de las cuencas hidrográficas.
- (11) *<Nombre>.afl* datos de los afluentes existentes en las cuencas hidrográficas.
- (12) *<Nombre>.pin* datos de los puntos de interés (bocatomas y transbordos) existentes en las cuencas hidrográficas.
- (13) *<Nombre>.emb* datos de los embalses y reservorios existentes en las cuencas hidrográficas.

- (14) <Nombre>.chh datos de las centrales hidroeléctricas existentes en las cuencas hidrográficas.
- (15) <Nombre>.try datos de la configuración hídrica de las cuencas hidrográficas.
- (16) <Nombre>.hid series de caudales hidrológicos de los afluentes.
- (17) <Nombre>.dag datos de la configuración de los requerimientos de agua en las cuencas hidrográficas.
- (18) <Nombre>.rgo valores de los requerimientos de agua.
- (19) <Nombre>.dem valores de la demanda de energía eléctrica en barras.
- (20) <Nombre>.man horas de mantenimiento en punta y fuera punta por año y mes de los grupos termoeléctricos e hidroeléctricos.

Donde <nombre>, es una cadena de hasta ocho caracteres de longitud como máximo, que se utiliza para identificar al caso de estudio.

### 3.2.1 Estructura Jerárquica de los Archivos de Entrada

En los archivos de datos se pueden reconocer cinco categorías cuya clasificación responde a la dependencia de los datos de unos con respecto de otros. Tal como se muestra en la Figura 3.1, se tiene:

- **Generales** Archivos en que se define la información global del caso (archivos con extensión *dat* y *par*).
- **Primarios** Archivos dependientes de los archivos generales. Definen información básica que será referenciada a través de sus códigos de identificación por otros archivos llamados secundarios (archivos con extensión *bar*, *cue*, *emp* y *cmb*).
- **Secundarios** Archivos que contienen información particular y que a su vez dependen de la definición previa establecida en los archivos primarios y/o generales. Pueden relacionarse con otros elementos del sistema a través de sus códigos de identificación (archivos con extensión *lin*, *chh*, *afl*, *cgt* y *dag*).
- **Terciarios** Archivos que contienen información particular y que dependen de la definición previa de archivos primarios y/o secundarios. Pueden relacionarse con otros elementos del sistema a través de sus códigos de identificación (archivos con extensión *try*, *man*, *pin*, *emb* y *gtt*).
- **Tabulares** Archivos que contienen datos en forma tabular y que dependen de un archivo en particular (archivos con extensión *rgo*, *dem*, *hid* y *hor*)

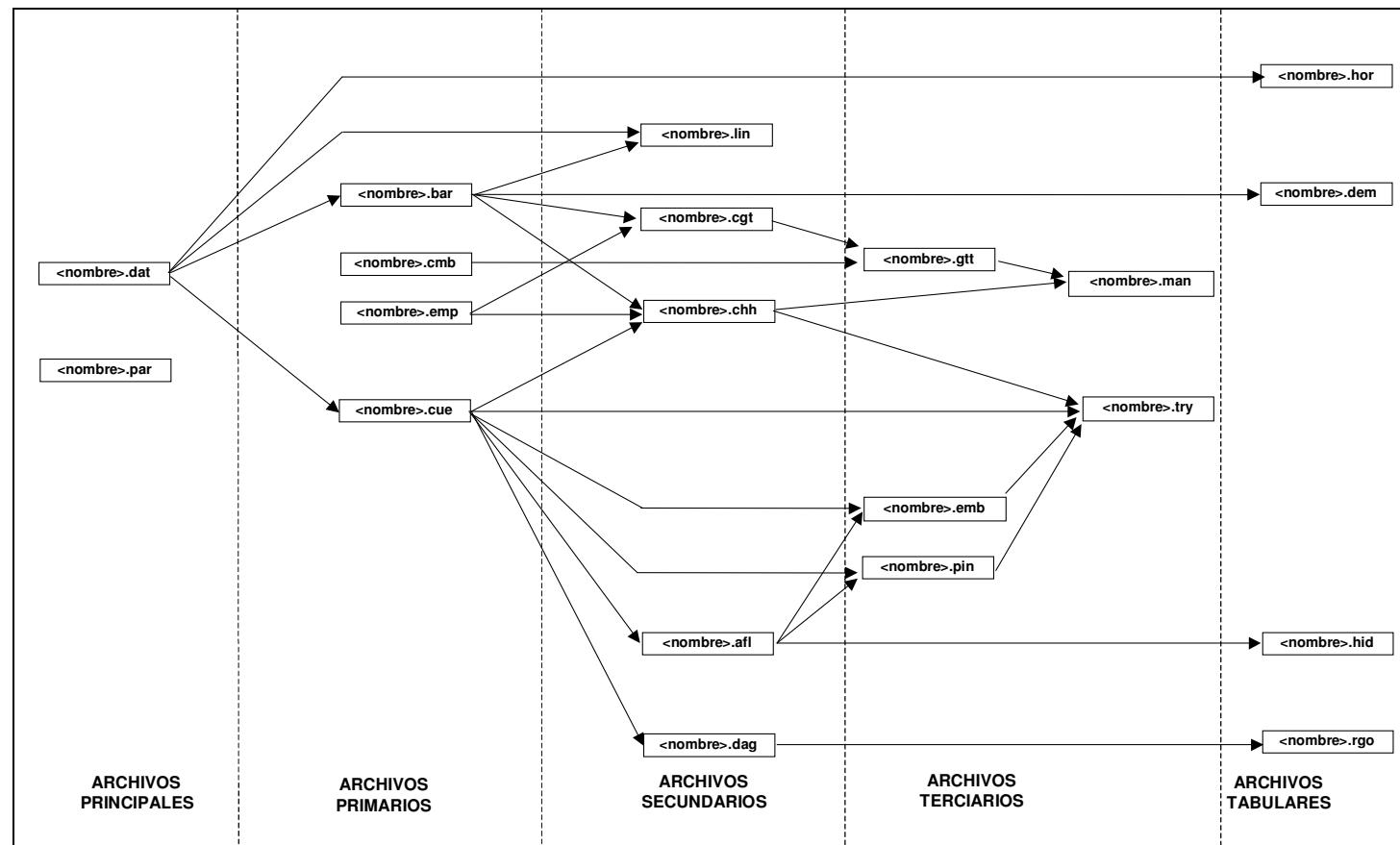


Figura 3.1 Estructura Jerárquica de los Archivos de Entrada

### 3.2.2 Detalles de los Archivos de Entrada

A continuación se describen los formatos y variables de entrada de cada archivo.

El número de campo indica la ubicación de la información en el registro (el cual se define como un conjunto de datos ordenados en una fila), las columnas indican las posiciones que utiliza el dato del campo para alojarse en el registro y el tipo de dato se explica según el formato FORTRAN utilizado: **In** (entero de longitud n), **An** (cadena de caracteres de longitud n), **Fn.m** (número real de longitud n con m lugares decimales).

#### 3.2.2.1 <Nombre>.DAT

En este archivo se especifican los datos generales del caso de estudio que sirven como parámetros que se utilizan en la lectura de los archivos *bar*, *lin*, *cue*, *dem*, *emb*, *hor* e *hid*.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros según los formatos que se indican a continuación:

##### Datos Generales

###### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Título del estudio

###### Registro 2

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Año de inicio del estudio

###### Registro 3

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Mes de inicio del estudio

###### Registro 4

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Número de años de estudio

###### Registro 5

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Número de bloques horarios de punta

###### Registro 6

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Número de bloques horarios fuera de punta

###### Registro 7

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Tasa de descuento anual

###### Registro 8

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Número de meses de actualización para el precio de barra

###### Registro 9

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Número de barras

###### Registro 10

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Número de líneas de interconexión eléctricas

###### Registro 11

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Número de cuencas hidrográficas

**Registro 12**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Número de hidrologías

**Registro 13**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Año de inicio de la serie hidrológica de datos

**Registro 14**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Numero de años de lectura de series hidrológicas

**Registro 15**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	libre	libre	Número de fila en que se ubica el Lago Junín en el archivo *.emb

El número de años de estudio indica el número de filas que tendrán las matrices de datos de demanda y de duración horaria, y no significa que si se inicia el estudio un mes de marzo, este terminará en un febrero, siempre terminará en un diciembre. Por ejemplo, si se indica como inicio "1999" con un número de años de "1" y mes de inicio "11" (noviembre), el horizonte de estudio comprenderá noviembre-1999 y diciembre-1999, y no desde noviembre-1999 hasta octubre-2000.

Los bloques de punta y fuera de punta pueden ser cero, pero como mínimo una etapa debe poseer un bloque horario (sea de punta o fuera de punta).

La tasa de descuento se debe ingresar por unidad. Así el 12% debe especificarse como 0.12.

Si por error se declaran menos barras y/o líneas en este archivo de los que se ingresen en los archivos *bar* y *lin*, el programa no mostrará error y leerá sólo el número declarado en este archivo. Así, si se tiene 10 barras declaradas pero 12 ingresadas, sólo se leerán las primeras 10, igualmente con las líneas de transmisión, dependiendo de ello puede enviar un mensaje de error o ninguno.

Si el número de cuencas hidrográficas, no es igual al ingresado posteriormente, se producirá un error.

El número de años hidrológicos que debe leerse y el año de inicio de la serie hidrológica son análogos al número de años de estudio y al año de inicio del estudio, solo que referidos a las matrices de datos de caudales. Mientras que el número de secuencias hidrológicas indica el número de escenarios hidrológicos que se evaluarán.

En caso no se incluya el Lago Junín dentro de los datos del estudio, se deberá dejar en blanco el Registro 15.

### 3.2.2.1.2<Nombre>.PAR

En este archivo se especifica el tipo de modelo que se desea optimizar, así como los parámetros utilizados para evaluar la convergencia del método implementado y los archivos de salida que se desean imprimir.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se debe llenar el registro según el formato siguiente:

### Parámetros

**Registro 1**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-5	F5.3	Tolerancia de convergencia
2	7-8	I2	Número de iteraciones permitidas
3	4-5	I1	Flag para determinar el tipo de modelamiento: 0: Uninodal 1: Multinodal
4	7	I1	Flag para determinar el tipo de optimización del modelo multinodal: 0: sin pérdidas de transmisión 1: con pérdidas de transmisión
5	9	I1	Flag para determinar la capacidad de las líneas de transmisión: 0: límites normales 1: límites de emergencia
6	10	I1	Flag de impresión de reportes por hidrología: 0: se debe imprimir solamente los promedios 1: se debe imprimir promedios y una hidrología adicionalmente
7	12-13	I2	Índice de la hidrología adicional cuyo reporte se desea imprimir
8	17-21	F5.2	Porcentaje de pérdidas que se agregará a la demanda para el caso que se seleccione modelo uninodal

Este primer bloque de parámetros, controla el tipo de modelo que se desea optimizar.

La tolerancia de convergencia sólo se utiliza cuando se activa el modelo que incorpora las pérdidas de transmisión. Con la tolerancia especificada es posible controlar el proceso iterativo de convergencia y determinar si se ha alcanzado la condición del óptimo.

Cuando se especifica un modelo uninodal en un sistema de múltiples barras, el Modelo automáticamente concentra toda demanda en una sola barra y se ignora la red de transmisión. Este proceso de concentración no distingue si existe o no una conexión física entre dos o más subsistemas. El programa solamente acumula la generación y la demanda en un único punto.

A continuación se debe dejar una línea en blanco y enseguida se debe llenar un registro según el formato siguiente:

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1	I1	Flag para imprimir la energía generada por centrales térmicas 0: No imprimir 1: Imprimir
2	3	I1	Flag para imprimir la energía fallada en barra 0: No imprimir 1: Imprimir
3	5	I1	Flag para imprimir la energía generada por cada empresa 0: No imprimir 1: Imprimir
4	7	I1	Flag para imprimir la energía generada por grupo térmico 0: No imprimir 1: Imprimir
5	9	I1	Flag para imprimir la energía generada por centrales hidroeléctricas 0: No imprimir 1: Imprimir
6	11	I1	Flag para imprimir la energía demandada en cada barra 0: No imprimir 1: Imprimir
7	13		Flag para imprimir la energía que fluye por las líneas de transmisión 0: No imprimir 1: Imprimir
8	15	I1	Flag para imprimir el balance económico del sistema 0: No imprimir 1: Imprimir
9	17	I1	Flag para imprimir los costos de operación de cada hidrología 0: No imprimir 1: Imprimir
10	19	I1	Flag para imprimir los CVT de los grupos térmicos 0: No imprimir 1: Imprimir

Campo	Columna	Tipo	Descripción
11	21	I1	Flag para imprimir el balance económico de las hidroeléctricas 0: No imprimir 1: Imprimir
12	23	I1	Flag para imprimir el balance económico de las empresas 0: No imprimir 1: Imprimir
13	25	I1	Flag para imprimir el balance económico de las centrales térmicas 0: No imprimir 1: Imprimir
14	27	I1	Flag para imprimir el balance económico de los grupos térmicos 0: No imprimir 1: Imprimir
15	29	I1	Flag para imprimir el ingreso tarifario de las líneas de transmisión 0: No imprimir 1: Imprimir
16	31	I1	Flag para imprimir la potencia que fluye por las líneas de transmisión 0: No imprimir 1: Imprimir
17	33	I1	Flag para imprimir la potencia que genera cada central térmica 0: No imprimir 1: Imprimir
18	35	I1	Flag para imprimir pérdidas de energía en las líneas de transmisión 0: No imprimir 1: Imprimir
19	37	I1	Flag para imprimir la potencia fallada en cada barra 0: No imprimir 1: Imprimir
20	39	I1	Flag para imprimir la potencia generada por las empresas 0: No imprimir 1: Imprimir
21	41	I1	Flag para imprimir la potencia generada por grupo térmico 0: No imprimir 1: Imprimir
22	43	I1	Flag para imprimir la potencia generada por hidroeléctrica 0: No imprimir 1: Imprimir
23	45	I1	Flag para imprimir las pérdidas de potencia de las líneas de transmisión 0: No imprimir 1: Imprimir
24	47	I1	Flag para imprimir los caudales turbinados por hidroeléctricas 0: No imprimir 1: Imprimir
25	49	I1	Flag para imprimir los volúmenes embalsados en los embalses 0: No imprimir 1: Imprimir
26	51	I1	Flag para imprimir los caudales regulados 0: No imprimir 1: Imprimir
27	53	I1	Flag para imprimir el consumo de combustible por grupo térmico 0: No imprimir 1: Imprimir
28	55	I1	Flag para imprimir el consumo por tipo de combustible 0: No imprimir 1: Imprimir
29	57	I1	Flag para imprimir el valor del agua en los embalses 0: No imprimir 1: Imprimir
30	59	I1	Flag para imprimir el valor del agua en las hidroeléctricas 0: No imprimir 1: Imprimir
31	61	I1	Flag para imprimir el valor del agua en puntos de interés 0: No imprimir 1: Imprimir
32	63	I1	Flag para imprimir el costo marginal actualizado 0: No imprimir 1: Imprimir
33	65	I1	Flag para imprimir el costo marginal puro 0: No imprimir 1: Imprimir

Este registro controla la impresión de los archivos que le interesa al usuario. Es importante especificar los "flags" establecidos en este registro, ya que su completa omisión se traducirá

en la impresión de solamente los siguientes tres archivos: resum???.txt, conge???.pro y riego???.pro. Perdiéndose todo el resto de los reportes.

Esta flexibilidad permitirá, por otro lado, que el usuario pueda especificar solamente los reportes que deseé visualizar.

### 3.2.2.1.3<Nombre>.HOR

En este archivo se especifica la duración en horas de los n bloques de demanda a considerar, ordenados cronológicamente año por año, en filas, conteniendo cada una la información de los doce meses del año.

Es importante tener en cuenta que la suma de las horas de todos los bloques en un determinado mes, debe corresponder al número de horas total de dicho mes, tomando en cuenta si el año es o no bisiesto.

Se deben dejar tres líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros en cada bloque según el siguiente formato:

#### Duración de los Bloques Horarios

##### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-6	A6	BLOQUE (Palabra clave obligatoria)

A continuación se llena un registro como el siguiente para cada año de estudio

##### Registro 2

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-4	I4	Año de estudio
2	7-12	I6	Horas de duracion del del bloque "n" en el mes de enero
3	14-19	I6	Horas de duracion del del bloque "n" en el mes de febrero
4	21-26	I6	Horas de duracion del del bloque "n" en el mes de marzo
x	....	I6	.....
13	84-89	I6	Horas de duracion del del bloque "n" en el mes de diciembre

### 3.2.2.1.4<Nombre>.BAR

Este es el archivo donde se definen todas las barras del sistema eléctrico considerado.

En una barra que no sea de demanda, se debe establecer como tipo de barra un "0", de esta forma, se evita tener que escribir en el archivo de demandas una matriz de demanda con ceros.

Se lee sólo el número de barras especificadas en el archivo de configuración.

Se deben dejar dos líneas en blanco, a continuación se debe llenar por cada barra un registro según el formato indicado:

### Barras

**Registro 1**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador de la barra
2	9-33	A25	Nombre de la barra
3	35	I1	Identificador del tipo de barra: 0: barra sin demanda 1: barra con demanda
4	37-46	F10.4	Nivel de tensión en la barra (KV)
5	48-57	F10.4	Costos de Falla (US\$/MWh)

El nivel de tensión de la barra no tiene utilidad alguna para el modelo y sirve sólo de información para el usuario, de modo que si se desea se puede omitir, mas no así los otros campos que sí son obligatorios.

#### 3.2.2.1.5<Nombre>.LIN

Aquí se especifican las líneas de transmisión de energía eléctrica, existentes y programadas para entrar y salir de operación durante el periodo de estudio.

Se permite realizar hasta nueve repotenciamientos (ampliación de su capacidad, nivel de tensión y/o parámetros eléctricos) por cada línea, los cuales deben ser consecutivos en el tiempo.

Se lee sólo el número de líneas especificado en el archivo de configuración.

Se deben dejar dos líneas en blanco, a continuación se debe llenar un registro por cada línea según el formato señalado abajo. Si se desea establecer el repotenciamiento de la línea entonces se hace uso del formato también indicado en la tabla siguiente:

## Líneas

### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador de la línea
2	9-15	A7	Identificador de la barra de salida
3	17-23	A7	Identificador de la barra de llegada
4	25-34	F10.4	Nivel de tensión de la linea (KV)
5	36-45	F10.4	Longitud de la línea (Km)
6	47-56	F10.4	Resistencia de la línea (Ohm/Km)
7	58-67	F10.4	Reactancia de la línea (Ohm/Km)
8	69-78	F10.4	Capacidad de transmisión normal de la línea (MW)
9	80-89	F10.4	Capacidad de transmisión en emergencia de la línea (MW)
10	91-94	I4	Año de entrada de la línea
11	96-97	I2	Mes de entrada de la línea
12	99-102	I4	Año de salida de la línea
13	104-105	I2	Mes de salida de la línea
14	107	I1	Numero de repotenciamientos (n)*

\* Las siguientes "n" filas deben contener un registro del siguiente tipo:

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-16	A16	REPOTENCIAMIENTO (palabra clave obligatoria)
2	25-34	F10.4	Nivel de tensión de la linea (KV)
3	47-56	F10.4	Resistencia de la línea (Ohm/Km)
4	58-67	F10.4	Reactancia de la línea (Ohm/Km)
5	69-78	F10.4	Capacidad de transmisión normal de la línea (MW)
6	80-89	F10.4	Capacidad de transmisión en emergencia de la línea (MW)
7	91-94	I4	Año de entrada de la línea
8	96-97	I2	Mes de entrada de la línea
9	99-102	I4	Año de salida de la línea
10	104-105	I2	Mes de salida de la línea

Los datos de las líneas deben ser congruentes pues a partir de los parámetros eléctricos de la línea y de su nivel de tensión se calculan las pérdidas de transmisión.

Antes de aceptar una línea cuando se especifica el modelo multinodal que incluye pérdidas, se verifica que las pérdidas máximas de la línea no superen la capacidad de transmisión de la misma.

### 3.2.2.1.6<Nombre>.CMB

Aquí se indican todos los tipos de combustible disponibles en el sistema, todos los cuales se sugiere deben ser utilizados por al menos una unidad termoeléctrica.

Se permite realizar hasta nueve cambios en el precio por cada combustible, los cuales deben ser consecutivos en el tiempo y estar precedidos por la palabra “NUEVO”.

Se continúa la lectura de combustibles hasta que se encuentre la palabra clave “FIN”, por lo cual se recomienda que las primeras tres letras de los identificadores de los combustibles no sean “FIN”, pues el programa interpretaría que en ese punto se termina la lectura; por lo tanto, causaría un mensaje de error durante la lectura de datos de las unidades termoeléctricas que utilicen este combustible.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada combustible según se indica:

### Combustibles

#### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador del tipo de combustible
2	9-33	A25	Nombre del tipo de combustible
3	35-44	F10.4	Costo para los combustibles (US\$/unidad)
4	46-49	I4	Año de entrada del costo de combustible
5	51-52	I2	Mes de entrada del costo de combustible
6	54-57	I4	Año de salida del costo de combustible
7	59-60	I2	Mes de salida del costo de combustible
8	62	I1	Número de actualizaciones del costo (n)*

\* Las siguientes "n" filas deben contener la siguiente descripción:

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-5	A5	NUEVO (palabra clave obligatoria)
2	35-44	F10.4	Costo para los combustibles (US\$/unidad)
3	46-49	I4	Año de entrada del costo de combustible
4	51-52	I2	Mes de entrada del costo de combustible
5	54-57	I4	Año de salida del costo de combustible
6	59-60	I2	Mes de salida del costo de combustible

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de lista de combustibles)

#### 3.2.2.1.7<Nombre>.EMP

Este archivo permite agrupar a las unidades de generación, tanto termoeléctricas como hidroeléctricas, bajo una denominación común – una empresa –; con la cual se generan reportes de producción esperada de energía y potencia, así como de costos operativos e ingresos.

Al igual que el caso de los combustibles no se debe utilizar un identificador de la empresa que inicie con las letras “FIN”, pues el programa interpretará que ahí se termina la lectura de empresas.

En general esta restricción se aplica a todos los archivos que utilizan la palabra “FIN” como indicador del fin de lectura de datos.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada empresa según se indica.

### Empresas

#### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador de la empresa
2	9-33	A25	Nombre de la empresa
3	35-36	I2	Número de centrales térmicas en la empresa
4	38-39	I2	Número de hidroeléctricas en la empresa

#### Último Registro

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de lista de empresa)

### 3.2.2.1.8<Nombre>.CGT

Este archivo contiene la información de las centrales termoeléctricas del sistema, agrupa conjuntos de grupos termoeléctricos bajo una misma denominación; con la cual se generan reportes de producción esperada de energía y potencia, así como de costos operativos e ingresos por central.

Utiliza la palabra FIN para indicar que no existen más centrales térmicas.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada central termoeléctrica según se indica.

#### Centrales Térmicas

##### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador de la central térmica
2	9-33	A25	Nombre de la central térmica
3	35-41	A7	Barra de conexión de la central térmica
3	43-49	A7	Identificador de la Empresa a la cual pertenece la central
4	51-52	I2	Número de grupos de la central térmica

##### Último Registro

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de lista de centrales térmicas)

### 3.2.2.1.9<Nombre>.GTT

En este archivo se introducen los datos de las unidades termoeléctricas y sigue las mismas reglas aplicadas al archivo de líneas de transmisión con el adicional de que utiliza también la palabra "FIN" como indicador de fin de lectura, lo cual introduce nuestra advertencia acostumbrada.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada grupo termoeléctrico según se indica.

### Grupos Térmicos

#### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador del grupo térmico
2	9-33	A25	Nombre del grupo térmico
3	35-41	A7	Identificador de la central a la cual pertenece el grupo térmico
4	43-49	A7	Identificador del tipo de combustible asociado al grupo térmico
5	51-60	F10.4	Potencia efectiva del grupo térmico (MW)
6	62-71	F10.4	Disponibilidad del grupo térmico (p.u.)
7	73-82	F10.4	Consumo específico del grupo térmico (Unidad/MWh)
8	84-93	F10.4	Costo variable no combustible del grupo térmico (US\$/MWh)
9	95-98	I4	Año de entrada del grupo térmico
10	100-101	I2	Mes de entrada del grupo térmico
11	103-106	I4	Año de salida del grupo térmico
12	108-109	I2	Mes de salida del grupo térmico
13	111	I1	Número de repotenciamientos del grupo térmico (n)*

\* Las siguientes "n" filas deben contener la siguiente descripción:

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-16	A16	REPOTENCIAMIENTO (palabra clave obligatoria)
2	43-49	A7	Identificador del tipo de combustible asociado al grupo térmico
3	51-60	F10.4	Potencia efectiva del grupo térmico (MW)
4	62-71	F10.4	Disponibilidad del grupo térmico (p.u.)
5	73-82	F10.4	Consumo específico del grupo térmico (Unidad/MWh)
6	84-93	F10.4	Costo variable no combustible del grupo térmico (US\$/MWh)
7	95-98	I4	Año de entrada del grupo térmico
8	100-101	I2	Mes de entrada del grupo térmico
9	103-106	I4	Año de salida del grupo térmico
10	108-109	I2	Mes de salida del grupo térmico

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de lista de grupos)

#### 3.2.2.1.10<Nombre>.CUE

Este archivo contiene información general acerca de los elementos que constituyen la configuración de cada cuenca hidrográfica. Estos datos se utilizan luego para validar la lectura de datos de los elementos del sistema hidráulico.

Se leerán solamente el número de cuencas hidrográficas indicado en el archivo *dat*.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada cuenca hidrográfica según se indica.

### Cuenca Hidrográficas

#### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador de la cuenca hidrográfica
2	9-33	A25	Nombre de la cuenca hidrográfica
3	35-37	I3	Número de embalses en la cuenca hidrográfica
4	39-41	I3	Número de hidroeléctricas en la cuenca hidrográfica
5	43-45	I3	Número de afluentes en la cuenca hidrográfica
6	47-49	I3	Número de puntos de interés en la cuenca hidrográfica
7	51-53	I3	Número de trayectorias en la cuenca hidrográfica
8	55-57	I3	Número de demandas de agua en la cuenca hidrográfica

### 3.2.2.1.11<Nombre>.AFL

Se listan los afluentes existentes en cada cuenca hidrográfica. Cada afluente necesariamente debe estar asociado a un embalse ó a un punto de interés.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada afluente según se indica.

#### Afluentes

##### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador del afluente
2	9-33	A25	Nombre del afluente
3	35-41	A7	Identificador de la cuenca hidrográfica al cual pertenece el afluente
4	43-67	A25	Nombre del punto de medición

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de lista de afluentes)

### 3.2.2.1.12<Nombre>.PIN

Aquí se listan los puntos de interés de las cuencas hidrográficas. Estos puntos de interés corresponden a:

- Puntos de transbordos
- Puntos de riego
- Bocatomas de agua

Cuando se especifica la existencia de vertimiento, significa que el caudal vertido no se recupera en ninguna otra parte de la cuenca hidrográfica ("se vierte en el mar").

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada punto de interés según se indica.

#### Puntos de Interés

##### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador del punto de interés
2	9-33	A25	Nombre del punto de interés
3	35-41	A7	Identificador de la cuenca al cual pertenece el punto de interés
4	43-49	A7	Identificador del afluente directamente asociado al punto de interés NINGUNO (palabra clave si no existe afluente) Identificador del afluente (si existe afluente)
5	51	I1	Flag de vertimiento en punto de interés: 1 : si hay vertimiento 0 : no hay vertimiento

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de lista de puntos de interés)

### 3.2.2.1.13<Nombre>.EMB

En este archivo se ingresan los datos técnicos de los embalses y reservorios del sistema. Considera un “flag” de vertimiento el cual adopta el mismo criterio definido en los puntos de interés. La evaporación se trata como un porcentaje del volumen almacenado en el embalse.

Debe tenerse en cuenta que si el elemento se declara como reservorio, se deben dejar en blanco los campos 7, 8, 9 y 15 del Registro 1.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada embalse según se indica.

#### Embalses

Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador del embalse
2	9-33	A25	Nombre del embalse
4	35-41	A7	Identificador de la cuenca al cual pertenece el embalse
5	43-49	A7	Identificador del afluente directamente asociado al embalse NINGUNO (palabra clave si no existe afluente) identificador el afluente (si existe afluente)
6	51-60	F10.4	Capacidad Máxima de Almacenamiento (MMm3)
7	62-71	F10.4	Capacidad Mínima de Almacenamiento (MMm3)
8	73-82	F10.4	Volumen inicial a la fecha de entrada del embalse (MMm3)
9	84-93	F10.4	Volumen al final del horizonte de estudio (MMm3)
10	95-104	F10.4	Volumen al final del horizonte de estudio (MMm3)
11	106-109	I4	Año de entrada del embalse
12	111-112	I2	Mes de entrada del embalse
13	114	I1	Flag que indica vertimiento del embalse: 0: no hay vertimiento. 1: si hay vertimiento
14	116	I1	Flag que indica si es un reservorio diario: 0: no es reservorio de regulación diaria. 1: si es reservorio de regulación diaria
15	118-122	F5.2	Porcentaje de pérdidas por evaporación, respecto al volumen almacenado

Los campos 7, 8, 9,10 y 15 no se consideran para el caso de reservorios

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de lista de embalses)

### 3.2.2.1.14<Nombre>.CHH

Incorpora los datos técnicos de las centrales hidroeléctricas del sistema. Para el llenado de este archivo se usan las mismas reglas que las especificadas para los grupos termoeléctricos.

El consumo anual de la central se reparte de manera proporcional durante cada etapa de cada año de estudio, y se carga como demanda adicional en la barra de conexión de la central, a partir de su fecha de entrada en operación.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada central hidroeléctrica según se indica.

#### Centrales Hidroeléctricas

**Registro 1**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador de la central hidroeléctrica
2	9-33	A25	Nombre de la central hidroeléctrica
3	35-41	A7	Identificador de la empresa a la cual pertenece la central hidroeléctrica
4	43-49	A7	Identificador de la cuenca al cual pertenece la central hidroeléctrica
5	50-56	A7	Identificador de la barra a la cual está conectada la central hidroeléctrica
6	58-67	F10.4	Coeficiente de producción de la central hidroeléctrica (MW-seg/m3)
7	69-78	F10.4	Consumo propio anual de la central hidroeléctrica (GWh)
8	80-89	F10.4	Caudal de diseño de la central hidroeléctrica (m3)
9	91-94	I4	Año de entrada de la central hidroeléctrica
10	96-97	I2	Mes de entrada de la central hidroeléctrica
11	99-103	I4	Año de salida de la central hidroeléctrica
12	105-106	I2	Mes de salida de la central hidroeléctrica
13	108	I1	Número de repotenciamientos de la central hidroeléctrica (n)*
14	110	I1	Tipo de central hidroeléctrica: 1 : Central con capacidad de regulación horaria 0 : Central sin capacidad de regulación horaria
15	112-121	F10.4	Canón del agua en US\$/MWh

\* Las siguientes "n" filas deben contener la siguiente descripción:

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-16	A16	REPOTENCIAMIENTO (palabra clave obligatoria)
2	58-67	F10.4	Coeficiente de producción de la central hidroeléctrica (MW-seg/m3)
3	69-78	F10.4	Consumo propio anual de la central hidroeléctrica (GWh)
4	80-89	F10.4	Caudal de diseño de la central hidroeléctrica (m3)
5	91-94	I4	Año de entrada de la central hidroeléctrica
6	96-97	I2	Mes de entrada de la central hidroeléctrica
7	99-103	I4	Año de salida de la central hidroeléctrica
8	105-106	I2	Mes de salida de la central hidroeléctrica

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de lista de hidroeléctricas)

Con respecto al campo 14 del Registro 1, se debe entender que para no lograr resultados contradictorios, en caso la central hidroeléctrica cuente con un reservorio de regulación horaria declarado en el archivo \*.emb, correspondiente, y que se ubique aguas arriba de la central, se debe fijar este campo en el valor de 0.

#### 3.2.2.1.15<Nombre>.TRY

En este archivo se describe la topología de la red hidrológica; es decir, se representan todas las trayectorias de agua, tales como ríos, túneles y otras obras de afianzamiento establecidas en las cuencas hidrográficas desde los embalses ubicados aguas arriba hasta las centrales termoeléctricas ubicadas aguas a bajo.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada trayectoria según se indica.

### Trayectorias

**Registro 1**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador de la trayectoria
2	9-33	A25	Nombre de la trayectoria
3	35-41	A7	Identificador de la cuenca a la cual pertenece la trayectoria
4	43-49	A7	Identificador del elemento de salida que define la trayectoria
5	51-57	A7	Identificador del elemento de llegada que define la trayectoria
6	59-68	F10.4	Capacidad Máxima de conducción de la trayectoria (m3)
7	70-79	F10.4	Porcentaje de pérdidas en la trayectoria
8	81-84	I4	Año de entrada de la trayectoria
9	86-87	I2	Mes de entrada de la trayectoria
10	89-92	I4	Año de salida de la trayectoria
11	94-95	I2	Mes de salida de la trayectoria
12	97	I1	Número de repotenciamientos de la trayectoria (n)*

\* Las siguientes "n" filas deben contener la siguiente descripción:

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-16	A16	REPOTENCIAMIENTO (palabra clave obligatoria)
2	59-68	F10.4	Capacidad Máxima de conducción de la trayectoria (m3)
3	70-79	F10.4	Porcentaje de pérdidas en la trayectoria
4	81-84	I4	Año de entrada de la trayectoria
5	86-87	I2	Mes de entrada de la trayectoria
6	89-92	I4	Año de salida de la trayectoria
7	94-95	I2	Mes de salida de la trayectoria

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de lista de trayectorias)

Para indicar que la trayectoria no tiene límites de capacidad se debe ingresar en el campo correspondiente el valor de 99999.0000.

#### 3.2.2.1.16<Nombre>.HID

Este archivo contiene las series de caudales naturales afluentes a los embalses y puntos de interés de las cuencas hidrográficas. Las series se ingresan en forma matricial y sirven para generar los escenarios hidrológicos.

No es necesario que todas las matrices tengan el mismo tamaño, pero si que todas contengan en su interior las series de caudales suficientes, desde el año de inicio especificado, para construir los escenarios hidrológicos definidos en el archivo *dat*.

Por cada afluente se define un conjunto de datos que contiene los siguientes registros:

### Hidrología

**Registro 1**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-25	A25	Identificador de afluente

**Registro 2**

Línea en blanco

**Registro 3**

Línea en blanco

**Registro 4**

Línea en blanco

**Registro 5**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-4	I4	Año al cual corresponde la serie de caudales
2	7-16	F10.4	Caudal para el mes de enero (m3)
3	18-27	F10.4	Caudal para el mes de febrero (m3)
4	29-38	F10.4	Caudal para el mes de marzo (m3)
x	.....	F10.4	.....
12	128-137	F10.4	Caudal para el mes de diciembre (m3/s)

### 3.2.2.1.17 Archivo DAG

Con la ayuda de este archivo se asocia una demanda de riego o agua potable con una trayectoria, el nombre especificado para la demanda de agua se utilizará como parámetro de identificación en el proceso de lectura en el archivo RGO.

El quinto campo del registro, fuerza a atender un porcentaje del riego mínimo en caso de hidrológicas muy secas. Debe manejarse con cuidado y preferentemente debe obtenerse a partir de una simulación previa, pues puede ser causa de infactibilidades en el proceso de optimización.

Se deben dejar dos líneas en blanco. A continuación se deben llenar los registros por cada demanda de agua según se indica.

#### Riego y Agua Potable

##### Registro 1

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador de la demanda de agua
2	9-33	A25	Nombre de la demanda de agua
3	35-41	A7	Identificador de la cuenca hidrográfica al cual pertenece la demanda de agua
4	43-49	A7	Identificador del elemento al cual se asocia la demanda de agua (solo trayectorias)
5	45-49	LIBRE	Porcentaje obligatorio del riego mínimo que debe atenderse.

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de lista de demandas de riego y agua potable)

### 3.2.2.1.18 <Nombre>.RGO

En este archivo se indican los valores de riego o agua potable asociados a las trayectorias definidas en el archivo anterior. Se especifican las demandas de riego mínimo y máximo para cada mes del año. Para especificar que no existe restricción de riego o agua potable máxima, se llena la fila correspondiente con valores de cero.

Por cada demanda de agua se define un conjunto con los siguientes registros:

### Demandas de Riego y Agua Potable

**Registro 1**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Nombre de la demanda de agua

**Registro 2**

Línea en blanco

**Registro 3 Demandas de agua mínimas**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	8-17	F10.4	Demandada de agua para el mes de enero (m3/s)
2	19-28	F10.4	Demandada de agua para el mes de febrero (m3/s)
3	30-39	F10.4	Demandada de agua para el mes de marzo (m3/s)
4	41-50	F10.4	Demandada de agua para el mes de abril (m3/s)
x	.....	F10.4	.....
12	129-138	F10.4	Demandada de agua para el mes de diciembre (m3/s)

**Registro 4 Demandas de agua máximas**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	8-17	F10.4	Demandada de agua para el mes de enero (m3/s)
2	19-28	F10.4	Demandada de agua para el mes de febrero (m3/s)
3	30-39	F10.4	Demandada de agua para el mes de marzo (m3/s)
4	41-50	F10.4	Demandada de agua para el mes de abril (m3/s)
x	.....	F10.4	.....
12	129-138	F10.4	Demandada de agua para el mes de diciembre (m3/s)

### 3.2.2.1.19<Nombre>.DEM

Este archivo contiene la demanda del sistema por bloque horario, su estructura es similar a la del archivo *hor*.

Por cada barra del sistema que sea del tipo 1 se define un conjunto con los siguientes registros:

#### Demanda

**Registro 1**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Identificador de la barra

Por cada uno de los "n" bloques llenar los siguientes registros

**Registro 2**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-6	A6	BLOQUE (Palabra clave obligatoria)

Para cada año de demanda llenar un registro de la forma

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-4	I4	Año de la demanda de energía (GWh)
2	7-16	F10.4	Demandada de energía del mes de enero (GWh) del bloque "n"
3	17-26	F10.4	Demandada de energía del mes de febrero (GWh) del bloque "n"
4	27-36	F10.4	Demandada de energía del mes de marzo (GWh) del bloque "n"
x	.....	F10.4	.....
13	117-126	F10.4	Demandada de energía del mes de diciembre (GWh) del bloque "n"

### 3.2.2.1.20<Nombre>.MAN

En este archivo se listan los programas de mantenimientos de las unidades del sistema. Se diferencian los mantenimientos en horas punta y fuera de punta. El orden que se debe obedecer es el de especificar en primer lugar los mantenimientos de las centrales hidroeléctricas y luego los mantenimientos de los grupos termoeléctricos.

Para iniciar la especificación de los mantenimientos de las centrales hidroeléctricas se debe llenar, obligatoriamente, un registro de la forma:

#### Mantenimientos Hidroeléctricas

**Registro 1**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-5	A5	MANCH (palabra clave para especificar el mantenimiento de las centrales hidroeléctricas)

**Registro 2**

Línea en blanco

A continuación se especifica cada mantenimiento de las centrales hidroeléctricas a través del siguiente registro:

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Código de la hidroeléctrica
2	9-12	I4	Año de mantenimiento
3	14-15	I2	Mes de mantenimiento
4	17-18	I2	Días de mantenimiento
5	20-21	I2	Horas de mantenimiento diarias en horas punta
6	14-15	I2	Horas de mantenimiento diarias en horas fuera punta

Para indicar el fin del ingreso de los mantenimientos de las centrales hidroeléctricas, se debe agregar un registro de la forma siguiente:

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de mantenimientos)

Para iniciar la especificación de los mantenimientos de las centrales hidroeléctricas se debe llenar, obligatoriamente, un registro de la forma:

#### Mantenimientos Grupos Térmicos

**Registro 1**

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-5	A5	MANGT (palabra clave para especificar el mantenimiento de los grupos térmicos)

**Registro 2**

Línea en blanco

A continuación se especifica cada mantenimiento de las centrales hidroeléctricas a través del siguiente registro:

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-7	A7	Código del grupo térmico
2	9-12	I4	Año de mantenimiento
3	14-15	I2	Mes de mantenimiento
4	17-18	I2	Días de mantenimiento
5	20-21	I2	Horas de mantenimiento diarias en horas punta
6	14-15	I2	Horas de mantenimiento diarias en horas fuera punta

Para indicar el fin del ingreso de los mantenimientos de las centrales hidroeléctricas, se debe agregar un registro de la forma siguiente:

Campo	Columna	Tipo	Descripción
1	1-3	A3	FIN (palabra clave obligatoria, marca fin de mantenimientos)

### 3.3 Archivos de Resultados del Modelo

Como resultado de la aplicación del modelo, se obtiene la siguiente información de las energías y potencias involucradas en el sistema, así como de la información económica del sistema. Esta información está ordenada en los archivos siguientes.

- **Resum???.txt** Resumen de todos los datos ingresados en los diferentes archivos de entrada y a través del cual se puede hacer un seguimiento en caso de error.
- **Riego???.pro** Informe de la imposibilidad de atender las demandas de agua con las secuencias de caudales disponibles y de la magnitud de la infactibilidad.
- **Conges???.pro** Informe de los casos de congestión en las líneas de transmisión.
- **CVTGT???.csv** Informe de los costos de producción de todos los grupos termoeléctricos. Se imprime por etapa y se expresa en (US\$/MWh).
- **COPER???.csv** Resumen de los costos de operación. Se imprime por secuencia hidrológica y se expresa en (US\$).
- **BAL??###.csv** Reporte del balance económico del sistema, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (US\$).
- **ICH??###.csv** Reporte del balance económico de las centrales hidroeléctricas por etapa, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (US\$).
- **IGT??###.csv** Reporte del balance económico de los grupos termoeléctricas por etapa, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (US\$).
- **ICT??###.csv** Reporte del balance económico de las centrales termoeléctricas por etapa, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (US\$).
- **IEM??###.csv** Reporte del balance económico de las empresas de generación por etapa, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (US\$).
- **ITE??###.csv** Reporte del ingreso tarifario a costo marginal por etapa que perciben las líneas de transmisión, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (US\$).
- **ENRBA???.csv** Resumen de las demandas totales en cada barra, incluyen los consumos propios de las centrales hidroeléctricas conectadas a las barras, por etapa y bloque. Se expresa en (GWh).
- **ENRAC???.csv** Resumen de la demanda de energía total del sistema actualizada. Se expresa en (GWh).

- ***EFB??###.csv*** Reporte de la demanda de energía no servida en cada barra por etapa y bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (GWh).
- ***EGG??###.csv*** Reporte de la energía generada por cada grupo termoeléctrico por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (GWh).
- ***ECT??###.csv*** Reporte de la energía generada por cada central termoeléctrica por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (GWh).
- ***EGH??###.csv*** Reporte de la energía generada por cada central hidroeléctrica del sistema por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (GWh).
- ***EGE??###.csv*** Reporte de la energía generada por cada empresa de generación por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (GWh).
- ***FEL??###.csv*** Reporte del flujo de energía en las líneas de transmisión por etapa y por bloque correspondiente, a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (GWh).
- ***PEL??###.csv*** Reporte de las pérdidas ohmicas de energía que se producen en las líneas de transmisión por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (GWh).
- ***PFB??###.csv*** Reporte de la potencia no atendida en cada barra por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (MW).
- ***PGG??###.csv*** Reporte de la potencia generada por los grupos termoeléctricos por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (MW).
- ***PGC??###.csv*** Reporte de la potencia generada por las centrales termoeléctricas por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (MW).
- ***PGH??###.csv*** Reporte de la potencia generada por las centrales hidroeléctricas por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (MW).
- ***PGE??###.csv*** Reporte de la potencia generada por las empresas de generación por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (MW).
- ***FPL??###.csv*** Reporte del flujo de potencia en las líneas de transmisión por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (MW).
- ***PPL??###.csv*** Reporte de las pérdidas de potencia en las líneas de transmisión por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (MW).

- ***CRC??###.csv*** Reporte de los caudales regulados en las trayectorias y túneles, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (en m<sup>3</sup>/seg).
- ***QTH??###.csv*** Reporte de los caudales turbinados por las centrales hidroeléctricas por etapa y por bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (en m<sup>3</sup>/seg)
- ***VEE??###.csv*** Reporte del volumen de agua almacenado en los embalses y reservorios de compensación por etapa, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (Millones de m<sup>3</sup>). Los reservorios siempre deben de mostrar valores nulos pues no pueden transferir energía más allá del período establecido por los bloques horarios.
- ***COM??###.csv*** Reporte del consumo por tipo de combustible por etapa y bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (miles de Unidades).
- ***CCG??###.csv*** Reporte del consumo de combustible por cada grupo térmico por etapa y bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (miles de Unidades).
- ***CMB??###.csv*** Reporte de los costos marginales puros de cada barra por etapa y bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresan en (US\$/MWh).
- ***CBA??###.csv*** Reporte de los costos marginales actualizados (de acuerdo a la taza de descuento especificado en el archivo de configuración) de cada barra por etapa y bloque, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresan en (US\$/MWh).
- ***VAE??###.csv*** Reporte del valor del agua en los embalses y reservorios de compensación por etapa, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (US\$/m<sup>3</sup>). El valor del agua se expresa en forma mensual por ello siempre aparecerá el valor de cero en el caso de los reservorios.
- ***VAH??###.csv*** Reporte del valor del agua en las centrales hidroeléctricas por etapa, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (US\$/m<sup>3</sup>).
- ***VAP??###.csv*** Reporte del valor del agua en puntos de interés por etapa, correspondiente a la secuencia hidrológica ###. Se expresa en (US\$/m<sup>3</sup>).

Donde “??” representa las primeras dos letras del nombre del archivo del caso de estudio <nombre>. Los archivos con la secuencia hidrológica “000” contienen los valores esperados (promedios) de las variables de operación del sistema.

Todos los archivos con extensión CSV se pueden leer directamente utilizando MS Excel, lo que facilita su manipulación de acuerdo a las necesidades del usuario.

En la figura siguiente se presenta una síntesis de los archivos de entrada y salida presentados en este capítulo.

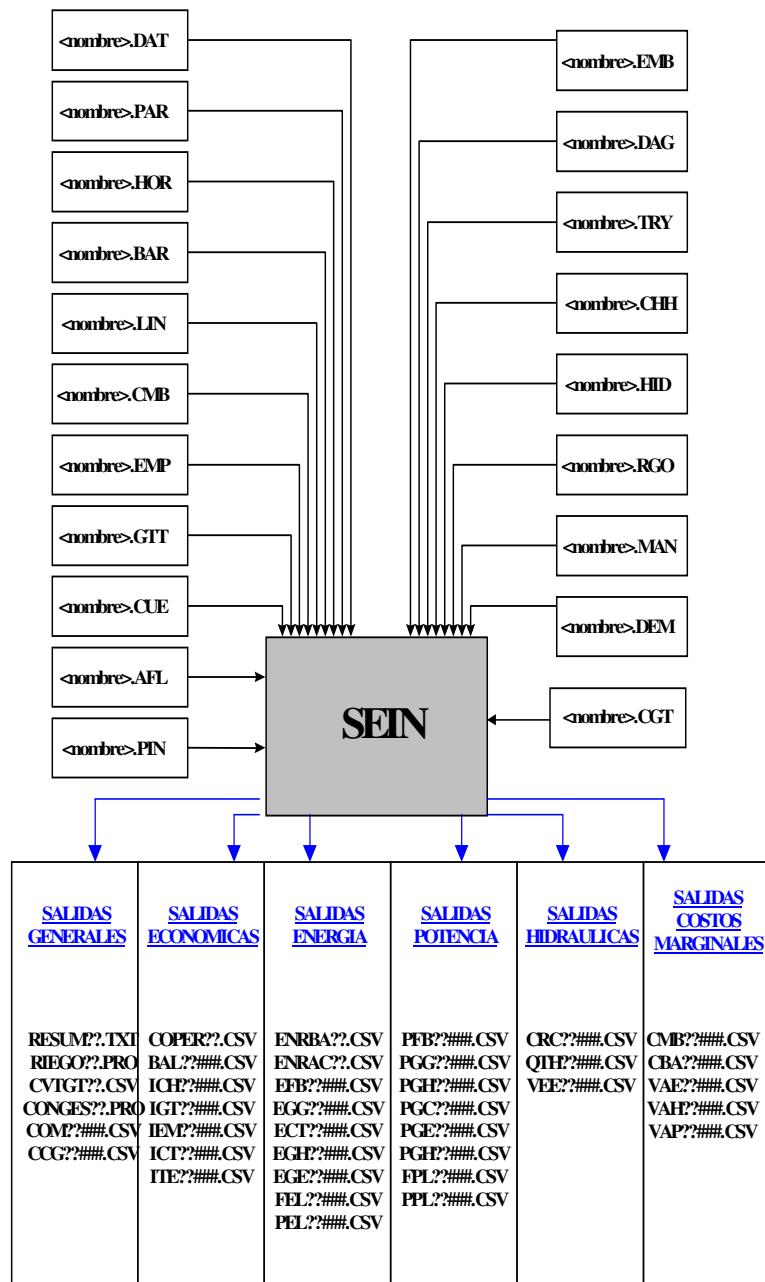


Figura 3.1 Síntesis de los Archivos de Entrada y de Salida del Modelo

## 4 Análisis de Datos Errados

### 4.1 Introducción

Este capítulo tiene por objetivo ilustrar la forma en que se debe utilizar la información que suministra el Modelo cuando como consecuencia de los datos introducidos se producen un sistema que no posee una solución debido a incongruencias.

### 4.2 Mensajes de Validación de Datos

El Modelo efectúa una primera verificación relacionada con que la estructura de datos ingresadas de modo que exista correspondencia entre lo declarado en los archivos \*.dat, \*.cue y \*.emp y los datos ingresados en los demás archivos.

Los mensajes de error se pueden visualizar tanto en pantalla como en el archivo "Resum???.txt", e indican claramente en que archivo y respecto de que dato se ha presentado el error.

### 4.3 Mensajes de Validación del Problema

Una vez efectuada la validación de datos, el Modelo genera un conjunto de expresiones matemáticas que son luego transferidas al optimizador CPLEX® para su optimización. Si los datos introducidos son incongruentes, el Modelo retornará el siguiente mensaje de error "Fallo al Optimizar LP" y se abortará el proceso luego de generar el archivo denominado "fallado.lp"; dicho archivo contiene las mencionadas expresiones matemáticas de modo que el usuario pueda hacer uso de las mismas en algún software de programación lineal (CPLEX, Lindo, GAMS, etc.) para detectar las incongruencias introducidas en las ecuaciones como consecuencia de los datos proporcionados a Modelo.

Para comprender las mencionadas expresiones matemáticas se debe hacer uso del siguiente diccionario de variables, donde el valor de XXX corresponde al orden en el cual se declaran los datos en los archivos planos:

#### 4.3.1 Nombre de las variables utilizadas

- FXXXXYYYZZZ : Falla de energía en barra XXX en la etapa YYY bloque ZZZ
- GXXXXYYYZZZ : Energía generada por el grupo térmico XXX en la etapa YYY bloque ZZZ
- HXXXXYYY000 : Volumen no servido del riego XXX etapa YYY
- IXXXXYYY000 : Volumen vertido en punto de interés XXX etapa YYY
- JXXXXYYY000 : Volumen vertido en embalse XXX etapa YYY
- KXXXXYYY000 : Volumen almacenado por embalse XXX etapa YYY
- LXXXXYYYZZZ : Energía que fluye por la línea XXX etapa YYY bloque ZZZ
- MXXXXYYYZZZ : Volumen regulado en trayectoria XXX etapa YYY
- NXXXXYYYZZZ : Ángulo eléctrico de la barra XXX etapa YYY bloque ZZZ

- OXXXXYYYZZZ : Volumen regulado en trayectoria XXX etapa YYY bloque ZZZ (salidas de una central hidroeléctrica)
- PXXXXYYYZZZ : Volumen Turbinado en central XXX etapa YYY bloque ZZZ
- QXXXXYYYZZZ : Volumen vertido en reservorio XXX etapa YYY bloque ZZZ
- RXXXXYYYZZZ : Volumen en reservorio XXX etapa YYY bloque ZZZ
- SXXXXYYYZZZ : Volumen regulado en trayectoria XXX etapa YYY bloque ZZZ (salidas de un reservorio)
- UXXXXYYYZZZ : Volumen no servido de riego XXX etapa YYY bloque ZZZ

#### 4.3.2 Nombre de las restricciones consideradas

- GXXXXYYYZZZ : Costo de capacidad del grupo térmico XXX etapa YYY bloque ZZZ
- HXXXXYYYZZZ : Costo de capacidad de central hidroeléctrica XXX etapa YYY bloque ZZZ
- IXXXXYYY000 : Valor del agua en punto de interés XXX etapa YYY
- JXXXXYYY000 : Valor del agua en embalse XXX etapa YYY
- KXXXXYYY000 : Costo de capacidad de embalse XXX etapa YYY
- LXXXXYYYZZZ : Costo de capacidad de línea de transmisión XXX etapa YYY bloque ZZZ
- MXXXXYYY000 : Costo de capacidad de trayectoria XXX etapa YYY
- NXXXXYYYZZZ : Valor del agua en hidroeléctrica XXX etapa YYY bloque ZZZ
- OXXXXYYYZZZ : Costo marginal de barra XXX etapa YYY bloque ZZZ
- PXXXXYYYZZZ : Valor del agua en hidroeléctrica XXX etapa YYY bloque ZZZ
- QXXXXYYYZZZ : Valor del agua en reservorio XXX etapa YYY bloque ZZZ

#### 4.3.3 Uso del CPLEX® para detectar problemas

Si se cuenta con una versión de tipo development de CPLEX®, es posible hacer uso de un programa de línea de comandos denominado cplex.exe. Una vez ejecutado se debe proceder como sigue:

1. Escribir "read fallado.lp", esto cargará las ecuaciones en el programa.
2. Escribir "pirmopt" o "tranopt", esto solicitará que se trate de optimizar las ecuaciones leídas. Como resultado se pueden dar los siguientes casos:
  - a. Que inmediatamente se genere un mensaje indicando que restricción es imposible de cumplir. En este caso se debe revisar los datos para descubrir donde puede estarse generando este problema (p.e. un caso típico está dado por fallas en la introducción de datos de la red hidráulica, así se pudo haber introducido en el archivo \*.try que una trayectoria va desde la central hasta su reservorio, cuando en la realidad era todo lo contrario).
  - b. Que indique que el problema no es factible. En dicho caso se pasa el paso 3 siguiente.

3. Escribir "display iis", esto activará un algoritmo de búsqueda de infactibilidades. Sus resultados se presentarán en un archivo denominado "cplex.log" e indicarán las restricciones y variables que están generando la infactibilidad. Procediéndose a analizar los datos ingresados para su correspondiente corrección.

Nótese que la velocidad con que se resuelvan estos problemas dependerá de la experiencia del usuario.

## 5 Casos de Estudio

### 5.1 Introducción

Este capítulo tiene por objetivo ilustrar la forma en que se construye un caso de estudio a través de los archivos de entrada del Modelo.

### 5.2 Caso 1: Sistema hidrotérmico Uninodal

En un sistema eléctrico ideal que incorpora una red de transmisión sin pérdidas y sin límites para transmitir energía, se puede asumir que toda la oferta y la demanda están concentradas en un único punto y por tanto el costo de satisfacer una unidad adicional de energía en cualquier parte de la red de transmisión del sistema es el mismo – es decir no existe diferenciación espacial –, y corresponde en el caso de un sistema puramente térmico al costo de producción de la unidad térmica más cara que se encuentra operando, la cual es denominada unidad marginal.

En el caso de los sistemas hidrotérmicos el cálculo de este costo marginal no es directo y se relaciona con el costo de oportunidad de las unidades hidroeléctricas, consecuencia de su disponibilidad de agua y de la capacidad de almacenamiento y manejo de los embalses asociados a la misma con la finalidad de reducir los costos de operación presentes y futuros.

Adicionalmente, mientras que en el caso de los sistemas puramente térmicos ó aquellos hidrotérmicos que no cuentan con embalses con capacidad de regulación mínimamente mensual cada etapa del horizonte de estudio en el mediano plazo es independiente una de otra en cuanto a decisiones operativas. En los sistemas hidrotérmicos con embalses de regulación cada etapa es dependiente de la otra, pues las decisiones del uso del agua en sus embalses en una etapa afectan los costos operativos de otras etapas.

Para apreciar estos efectos, se presenta el siguiente caso de un sistema hidrotérmico considerando su operación en una única barra (sistema uninodal).

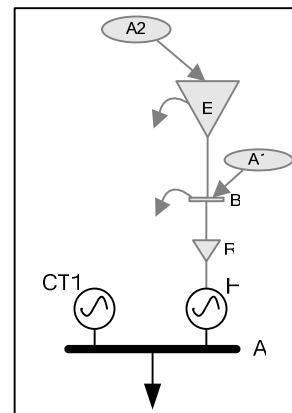


Figura 5.1 Configuraciones del Sistema Hidrotérmico - Caso 1

Los datos a considerar son los siguientes:

#### A. Horizonte de estudio

El horizonte de análisis del caso 1 corresponde a 1 año dividido en 12 etapas mensuales, de enero a diciembre.

##### 5.2.1.1.1 Demandas

La demanda se representa por medio de una curva de duración mensual discretizada en dos bloques. La duración de los bloques se presenta en la tabla siguiente:

	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
BLOQUE1	1999	124	112	124	120	124	120	124	124	120	124	120	124
BLOQUE2	1999	620	560	620	600	620	600	620	620	600	620	600	620

La demanda mensual de cada bloque es la siguiente:

	BARRA A, Demanda en GWh												
	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
BLOQUE1	1999	2.7008	2.3325	2.8511	2.9271	2.9694	2.6477	2.6476	2.8647	2.5624	2.6032	2.6134	2.4279
BLOQUE2	1999	11.1590	9.2001	11.6146	11.3712	11.3037	10.8215	11.4513	11.3474	10.2947	10.0833	10.0338	10.4334

##### 5.2.1.1.2 Costo de Falla

El costo de falla está dado por:

COSTO DE FALLA	US\$/MWh 250.0000
----------------	----------------------

##### 5.2.1.1.3 Hidrología disponible

En los diagramas mostrados en la Figura 4.1 existen tres afluentes. Considerando que existe solamente una serie histórica anual de caudales se tiene:

	Año	Caudales Naturales Históricos (m <sup>3</sup> /s)											
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
A1	1976	7.0000	7.0000	6.0000	7.0000	8.0000	9.0000	9.0000	12.0000	14.0000	16.0000	13.0000	10.0000
A2	1976	6.5000	6.0000	5.0000	4.0000	5.0000	6.0000	7.0000	8.0000	9.0000	9.0000	8.0000	7.0000

#### 5.2.1.1.4 Central Termoeléctrica

Se considera una única central termoeléctrica compuesta de 5 grupos.

CENTRAL TERMICA 1							
CODIGO	NOMBRE	COMBUS US\$/Unid	POTENC MW	DISP (%)	CONS Unid/MWh	CVNC US\$/MWh	
G1	GRUPO 1	5.00	10.00	100	1.00	1.00	
G2	GRUPO 2	2.00	1.00	100	1.00	1.00	
G3	GRUPO 3	1.00	5.00	100	1.00	1.00	
G4	GRUPO 4	4.00	1.00	100	1.00	1.00	
G5	GRUPO 5	7.00	10.00	100	1.00	1.00	

#### 5.2.1.1.5 Embalses y Reservorios

En la cuenca hidrográfica se dispone de un embalse y un reservorio de compensación; cuyos datos se muestran en la tabla siguiente:

Datos	
EMBALSE E	
Volumen máximo	100 MMC
Volumen mínimo	12 MMC
Volumen inicial	80 MMC
Volumen final	80 MMC
Evaporación	2%
RESERVORIO R	
Volumen máximo	1.2MMC

#### 5.2.1.1.6 Central Hidroeléctrica

Los datos de la central hidroeléctrica son:

Datos	
Rendimiento	0.75 MW-s/ m3
Caudal máximo	21 m3/s
Consumo anual	0 GWh/año

#### 5.2.1.1.7 Trayectorias

En este caso se dispone como máximo de cinco trayectorias:

- (i) Embalse a Bocatoma 1
- (ii) Bocatoma 1 a Reservorio
- (iii) Reservorio a la Central Hidroeléctrica

De todas las trayectorias, solamente la tercera está limitada a la capacidad de turbinamiento de la central.

#### 5.2.2 Construcción de los Archivos de Entrada para el Caso 1

En esta sección se muestra la construcción de los archivos de entrada del caso 1. Con la finalidad de facilitar la explicación de los archivos de entrada, se ha adoptado la siguiente convención: se indica mediante un número seguido de un corchete el renglón que ocuparía un registro dentro del archivo de datos (por ejemplo, "2]" representa el segundo renglón del archivo). El renglón 0], sólo sirve para indicar la posición de los números guía de columna, ya que todo archivo siempre inicia en el renglón 1]. Los números mostrados en el renglón 0] indican la columna que ocuparía un dato, aclarándose que solo se indica el número en la posición de la unidades (por ejemplo, si la fila es 11, 21,...,101, etc, sólo se muestra el valor 1). Por otro lado, cualquier palabra tras un signo de admiración "!" se debe entender sólo como un comentario.

### **5.2.2.1.1 Caso1.dat**

## Declaración de datos generales:

### 5.2.2.1.2Caso1.par

## Declaración de parámetros de ejecución e impresión:

### 5.2.2.1.3Caso1.bal

#### Declaración de barras:

```

0]1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456790
1]
2]!Cod..... Nombre..... T ..tension. ...C.Falla.
3]A      BARRA A      1    220.0000   250.0000

```

### 5.2.2.1.4 Caso1.lin

Declaración de líneas de transmisión. Debido a que nuestro sistema no cuenta con líneas de transmisión, basta con dejarlo en blanco; sin embargo, se muestran los campos que involucra:

### 5.2.2.1.5Caso1.cmb

Declaración de combustibles.

```
0]123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456790
1]
2]!Cod.... ....Nombre..... Costo... ANOE ME ANOS MS N
3]CM10000 COMBUSTIBLE 1      5.0000 1990 1 2050 1 0
4]CM20000 COMBUSTIBLE 2      2.0000 1990 1 2050 1 0
5]CM30000 COMBUSTIBLE 3      1.0000 1990 1 2050 1 0
6]CM40000 COMBUSTIBLE 4      4.0000 1990 1 2050 1 0
7]CM50000 COMBUSTIBLE 5      7.0000 1990 1 2050 1 0
8]FIN !Indica fin de la declaración de combustibles.
```

### 5.2.2.1.6Caso1.emp

Declaración de empresas de generación. De acuerdo a los datos no existe empresa alguna:

```
0]123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456790
1]
2]!Cod.... ....Nombre..... NC NH
3]FIN !Indica fin de la declaración de empresas.
```

### 5.2.2.1.7Caso1.cgt

Declaración de centrales termoeléctricas. De acuerdo a los datos existe una única central termoeléctrica en nuestra barra, que agrupa cinco grupos.

```
0]123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456790
1]
2]!Cod.... ....Nombre..... .Barra.. .EMPRE. GT
3]CT1    CENTRAL TERMICA 1      A      NINGUNO 05
4]FIN !Indica fin de la declaración de centrales térmicas.
```

### 5.2.2.1.8Caso1.gtt

Declaración de grupos térmicos. Es necesario ahora declarar los grupos térmicos del sistema, los cuales pertenecen a una única central:

```
0]12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123
1]
2]!Cod.... ....Nombre..... .Centr. .Comb.. .PotEf... .Dispon... .Rendim... .CVNC... ANOE ME ANOS MS R
3]G1    GRUPO 1 - CENTRAL 1     CT1    CM10000 10.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1999 1 2050 1 0
4]G2    GRUPO 2 - CENTRAL 1     CT1    CM20000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1999 1 2050 1 0
5]G3    GRUPO 3 - CENTRAL 1     CT1    CM30000 5.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1999 1 2050 1 0
6]G4    GRUPO 4 - CENTRAL 1     CT1    CM40000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1999 1 2050 1 0
7]G5    GRUPO 5 - CENTRAL 1     CT1    CM50000 10.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1999 1 2050 1 0
8]FIN !Indica fin de la declaración de grupos térmicos.
```

### 5.2.2.1.9Caso1.cue

Declaración de cuencas hidrográficas. De acuerdo a la información de la configuración hidrológica (diagrama del caso 1d), se tiene una sola cuenca que involucra 1 embalse y 1 reservorio (para el programa esto significa 2 embalses), 1 central hidroeléctrica, 2 afluentes, 1 puntos de interés, 3 trayectorias y 0 demanda de riego:

```
0]123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456790
1]
2]!Cod.... ....Nombre..... NEM NCH NAF .NP .NT .NR
3]CUENCA1 CUENCA DEL EJEMPLO 1      2   1   2   1   3   0
4]FIN !Indica fin de la declaración de cuencas hidrológicas.
```

### 5.2.2.1.10 Caso1.afl

## Declaración de los afluentes:

```
0]123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456790  
1]  
2]!Cod.... ....Nombre..... CUENCA. ....PUNTO DE MEDICION...  
3]A1      RIO 1          CUENCA1 ESTACION 1  
4]A2      RIO 1          CUENCA1 ESTACION 2  
5]FIN    !Indica fin de la declaracion de afluentes.
```

### 5.2.2.1.11 Caso1.pin

Declaración de los puntos de interés. En caso que corresponda se asocia cada punto de interés con su afluente. Adicionalmente, tal como se observa en el diagrama correspondiente, en el punto B1 existe posibilidad de vertimiento:

0]1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456790  
1]  
2!]Cod..... Nombre..... Cuenca. Afl.. V  
3]B1 BOCATOMA RIO 1 CUENCA1 Al 1  
4]FIN !Indica fin de la declaración de puntos de interés.

### 5.2.2.1.12Caso1.emb

Declaración de los embalses y reservorios del sistema. En que corresponda se asocia cada embalse ó reservorio con su afluente. Adicionalmente, tal como se observa en el diagrama correspondiente, en el embalse E existe posibilidad de vertimiento:

522113Cas01 chh

#### Declaración de las centrales hidroeléctrica:

5.2.2.1.14Cas01.trv

Declaración de las trayectorias, los cuales son elementos que unen los componentes de la cuenca hidrográfica:

#### 5.2.2.1.15Caso1.dag

Declaración de las demandas de riego y agua potable de la cuenca hidrológica:

```
0]123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456790
1]
2]!Cod.... ....Nombre..... .Cuenca .TRAYEC FORZ%
3]FIN !Indica fin de la declaración de demandas de agua.
```

#### 5.2.2.1.16Caso1.rgo

Declaración de los valores de la demanda de agua en la cuenca hidrológica. En este caso debido a que no existe riego máximo, el archivo se completa con ceros:

```
0]123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456790
n]
```

#### 5.2.2.1.17Caso1.hor

Declaración de la duración de los bloques de demanda. Debido a que se han declarado dos bloques, se debe especificar su duración para cada año de estudio:

```
0]1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567901234678901234567
89
n]BLOQUE
n+1]1999    124    112    124    120    124    120    124    124    120    124    120    124
n+2]BLOQUE
n+3]1999    620    560    620    600    620    600    620    600    620    600    600    620
```

#### 5.2.2.1.18Caso1.dem

Declaración de la demanda de energía eléctrica. Se inicia la declaración con el identificador de la barra, seguido de la demanda de energía por bloques:

```
0]1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567901234678901234567890123
n]A
n+1]!Año   Ene     Feb     Mar     Abr     May     Jun     Jul     Ago     Sep     Oct     Nov     Dic
n+2]BLOQUE
n+3]1999   2.7008  2.3325  2.8511  2.9271  2.9694  2.6477  2.6476  2.8647  2.5624  2.6032  2.6134  2.4279
n+4]BLOQUE
n+5]1999   11.1590 9.2001  11.6146  11.3712  11.3037  10.8215  11.4513  11.3474  10.2947  10.0833  10.0338  10.4334
```

#### 5.2.2.1.19Caso1.hid

Declaración de la serie de datos. Se debe iniciar cada bloque de datos con el código del afluente:

```
0]123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123
3
n]A1
n+1]!obligatorio
n+2]!obligatorio
n+3]!obligatorio
n+4] 1976    7.0000  7.0000  6.0000  7.0000  8.0000  9.0000  9.0000  12.0000  14.0000  16.0000  13.0000
10.0000

m]A2
m+1]!obligatorio
m+2]!obligatorio
m+3]!obligatorio
m+4]1976    6.5000  6.0000  5.0000  4.0000  5.0000  6.0000  7.0000  8.0000  9.0000  9.0000  8.0000
7.0000
```

### 5.2.2.1.20Caso1.man

Declaración de mantenimientos. Debido a que en este caso no se consideran mantenimientos, basta con declarar:

0]123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456790

n] MANCH  
n+1] !codigo-|año-|me|di|hp|hf  
n+2] FIN

m]MANGT  
m+1] !codigo-|año-|me|di|hp|hf  
m+2] FIN

### 5.2.3 Resultados de la Aplicación

A continuación se muestra los despachos obtenidos para los dos bloques horarios (archivos PGGca000.CSV y PGHca000.CSV). Como es de esperarse, se hace uso de los recursos de generación termoeléctrica más económicos considerando el despacho de la central hidroeléctrica sobre la base del valor del agua asociado al nivel de producción de ésta.

El valor del agua determinado por el Modelo (archivo VAHca000.CSV) se convierte a su equivalente en US\$/MWh haciendo uso del factor de productividad de la central hidroeléctrica (0,75MWs/m3).

Finalmente, considerando que el costo marginal de corto plazo corresponde al costo de operación de la unidad más costosa, se determinan los costos marginales para cada periodo evaluado, los cuales coinciden con aquellos reportados por el Modelo en su archivo de salida CMBca000.CSV.

Bloque 01		Potencia (MW)					
AÑO	MES	G3	G2	G4	G1	G5	CH
1999	ENE	5.00	1.00	0.03	0.00	0.00	15.75
1999	FEB	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	14.83
1999	MAR	5.00	1.00	1.00	0.24	0.00	15.75
1999	ABR	5.00	1.00	1.00	1.64	0.00	15.75
1999	MAY	5.00	1.00	1.00	1.20	0.00	15.75
1999	JUN	5.00	1.00	1.00	0.00	0.00	15.06
1999	JUL	5.00	1.00	1.00	0.00	0.00	14.35
1999	AGO	5.00	1.00	1.00	0.35	0.00	15.75
1999	SET	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	15.35
1999	OCT	5.00	0.31	0.00	0.00	0.00	15.68
1999	NOV	5.00	1.00	0.03	0.00	0.00	15.75
1999	DIC	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	13.58

Costo de Producción (US\$/MWh)*				
G3	G2	G4	G1	CH
2	3	5	-	4.52
2	3	-	-	4.61
2	3	5	6	4.71
2	3	5	6	4.80
2	3	5	6	4.90
2	3	5	-	5.00
2	3	5	-	5.10
2	3	5	6	4.61
2	3	-	-	4.71
2	3	-	-	3.00
2	3	5	-	4.90
2	3	-	-	5.00

\* En el caso de la CH el costo corresponde al valor del agua

Bloque 02		Potencia (MW)					
AÑO	MES	G3	G2	G4	G1	G5	CH
1999	ENE	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	12.00
1999	FEB	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	10.43
1999	MAR	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	12.73
1999	ABR	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	12.95
1999	MAY	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	12.23
1999	JUN	5.00	1.00	0.89	0.00	0.00	11.14
1999	JUL	5.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.47
1999	AGO	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	12.30
1999	SET	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	11.16
1999	OCT	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.26
1999	NOV	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	10.72
1999	DIC	5.00	1.00	0.69	0.00	0.00	10.14

Costo de Producción (US\$/MWh)*				
G3	G2	G4	G1	CH
2	3	-	-	4.52
2	3	-	-	4.61
2	3	-	-	4.71
2	3	-	-	4.80
2	3	-	-	4.90
2	3	5	-	5.00
2	3	-	-	5.10
2	3	-	-	4.61
2	3	-	-	4.71
2	3	-	-	3.00
2	3	5	-	4.90
2	3	-	-	5.00

\* En el caso de la CH el costo corresponde al valor del agua

Figura 5.2 Estimación de Costos Marginales

Adicionalmente la Figura 4.3 muestra una comparación del caudal regulado y el volumen almacenado en el embalse. Tal como se aprecia el embalse permite almacenar el agua durante los meses de avenida y turbinar la mayor cantidad en época de estiaje, de modo que el caudal afluente a la central hidroeléctrica se mantenga en la medida de lo posible constante a lo largo del periodo de optimización.

AÑO	MES	Sistema Hidráulico					
		VE	CA2	CR	CA1	CH	VA
1999	ENE	69.48	6.50	9.83	7.00	16.83	4.52
1999	FEB	63.53	6.00	7.88	7.00	14.88	4.61
1999	MAR	44.46	5.00	11.65	6.00	17.65	4.71
1999	ABR	25.71	4.00	10.89	7.00	17.89	4.80
1999	MAY	14.24	5.00	9.09	8.00	17.09	4.90
1999	JUN	12.06	6.00	6.73	9.00	15.73	5.00
1999	JUL	12.00	7.00	6.93	9.00	15.93	5.10
1999	AGO	19.34	8.00	5.17	12.00	17.17	4.61
1999	SET	37.59	9.00	1.81	14.00	15.81	4.71
1999	OCT	60.95	9.00	0.00	16.00	16.00	3.00
1999	NOV	74.21	8.00	2.41	13.00	15.41	4.90
1999	DIC	80.00	7.00	4.28	10.00	14.28	5.00

VE : Volumen del embalse en millones de metros cúbicos

CA2 : Caudal afluente al embalse en m3/s

CR : Caudal liberado desde el embalse en m3/s

CA1 : Caudal afluente no regulado por el embalse en m3/s

CH : Caudal que llega a la central en m3/s (CA1 + CR)

VA : Valor del agua expresado en US\$/MWh

Figura 5.3 Operación del Embalse de Regulación

### 5.3 Caso 2: Efecto de la Red de Transmisión

Al no haber considerado la red de transmisión, se ignora la separación espacial de los precios. Esta separación se debe fundamentalmente a dos componentes: las pérdidas de transmisión y la congestión de la red de transmisión. En este caso, la congestión puede tener su origen en la capacidad máxima de transporte de la línea ó en criterios de seguridad.

Para mostrar el efecto de las líneas de transmisión en el sistema, se hará uso de un pequeño sistema termoeléctrico de tres barras, en el cual se agregarán a lo largo del horizonte de análisis nuevos generadores y líneas de transmisión, con la finalidad de observar la variación de precios ante nuevas configuraciones de la oferta de generación y de la red de transmisión.



Osinerg  
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía

**MANUAL TÉCNICO:  
USO DEL MODELO PERSEO**

Código	: GART-DGT-MT-02
Revisión	: 01
Fecha	: 13 Jul 06
Página	: 46 de 50

### 5.3.1 Datos del Sistema Eléctrico

En la Figura 4.6 se presenta la evolución de la configuración del sistema a lo largo del tiempo. En cada etapa se incrementa un nuevo componente al sistema eléctrico, de acuerdo con el cronograma siguiente:

- Etapa 1: Se presentan dos subsistemas A y B separados físicamente uno del otro.
- Etapa 2: Los subsistemas A y B se interconectan físicamente a través de una línea de transmisión.
- Etapa 3: Se conecta una nueva carga y un nuevo grupo en el subsistema B.
- Etapa 4: Ingresa un nuevo generador con su propia línea de transmisión.
- Etapa 5: Se cierra el anillo
- Etapa 6: Se incorporan nuevas cargas en los subsistemas A y B.

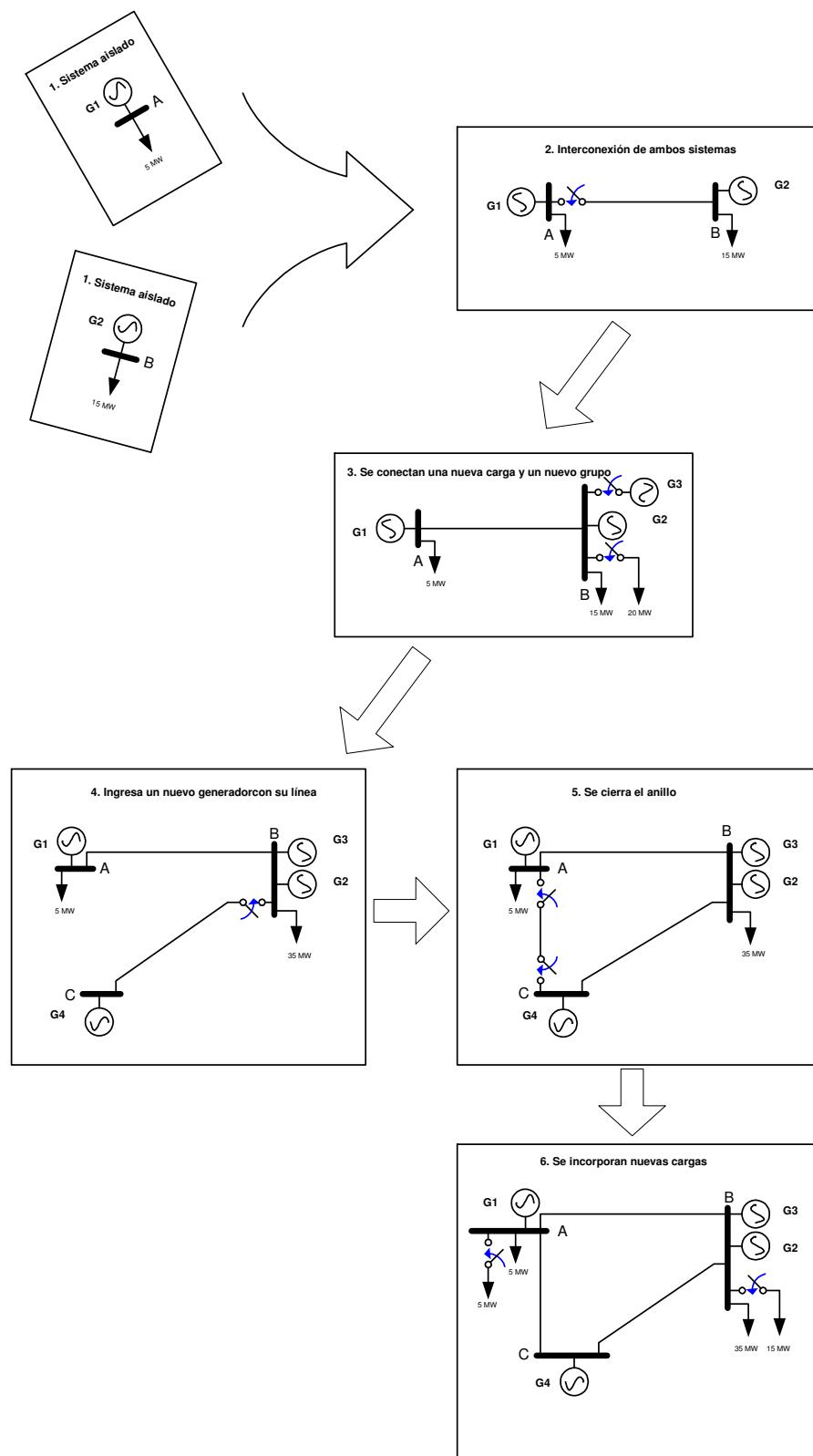


Figura 5.4 Sistema Eléctrico para Evaluar el Efecto de la Red de Transmisión

Los datos de este sistema eléctrico se muestran en el siguiente cuadro:

<u>DATOS DEL SISTEMA ELECTRICO DEMOSTRATIVO</u>	
<u>Oferta del Sistema:</u>	
G1 : 30 MW	10 US\$/MWh
G2 : 20 MW	15 US\$/MWh
G3 : 10 MW	5 US\$/MWh
G4 : 10 MW	2 US\$/MWh
<u>Líneas de Transmisión:</u>	
L <sub>AB</sub> : 20 MW	220 kV - r = 36.0 ohm - x = 244.0 ohm
L <sub>BC</sub> : 15 MW	138 kV - r = 61.6 ohm - x = 195.6 ohm
L <sub>AC</sub> : 20 MW	220 kV - r = 50.4 ohm - x = 341.6 ohm

Figura 5.5 Datos del Sistema Eléctrico

### 5.3.2 Análisis de los Resultados

En la Figura 4.8 se presentan los resultados obtenidos con el Modelo. A continuación se analiza cada uno de ellos.

#### 5.3.2.1.1 Subsistemas Aislados

Debido a que ambos sistemas están físicamente aislados cada uno de ellos está abastecido localmente, estableciéndose precios diferentes.

#### 5.3.2.1.2 Subsistemas Interconectados

Al unir los sistemas A y B con la línea de transmisión L<sub>ab</sub>, El generador más barato ubicado en A abastece a ambos sistemas, por lo tanto el costo marginal de generación para el sistema es igual a 10.0 US\$/MWh. Sin embargo, las pérdidas de transmisión causan que el precio en el sistema B se incrementen a 10.1153 US\$/MWh; tal como se verifica en el análisis de los factores de penalización:

$$\begin{aligned}
\text{se debe cumplir : } & p_A G_{A \rightarrow B} = p_B D_B \\
\text{Pero : } & G_{A \rightarrow B} = D_B + \Delta P \\
\text{Reemplazando : } & p_A G_{A \rightarrow B} = p_B (G_{A \rightarrow B} - \Delta P) \\
\Rightarrow & p_B = \frac{p_A}{(1 - \frac{\Delta P}{G_{A \rightarrow B}})} \\
\text{A partir de los datos : } & G_{A \rightarrow B} = 15.17295 \\
& \Delta P = 0.17295 \\
& p_A = 10 \\
\Rightarrow & p_B = \frac{10}{1 - 0.01139857} = 10.1153
\end{aligned}$$

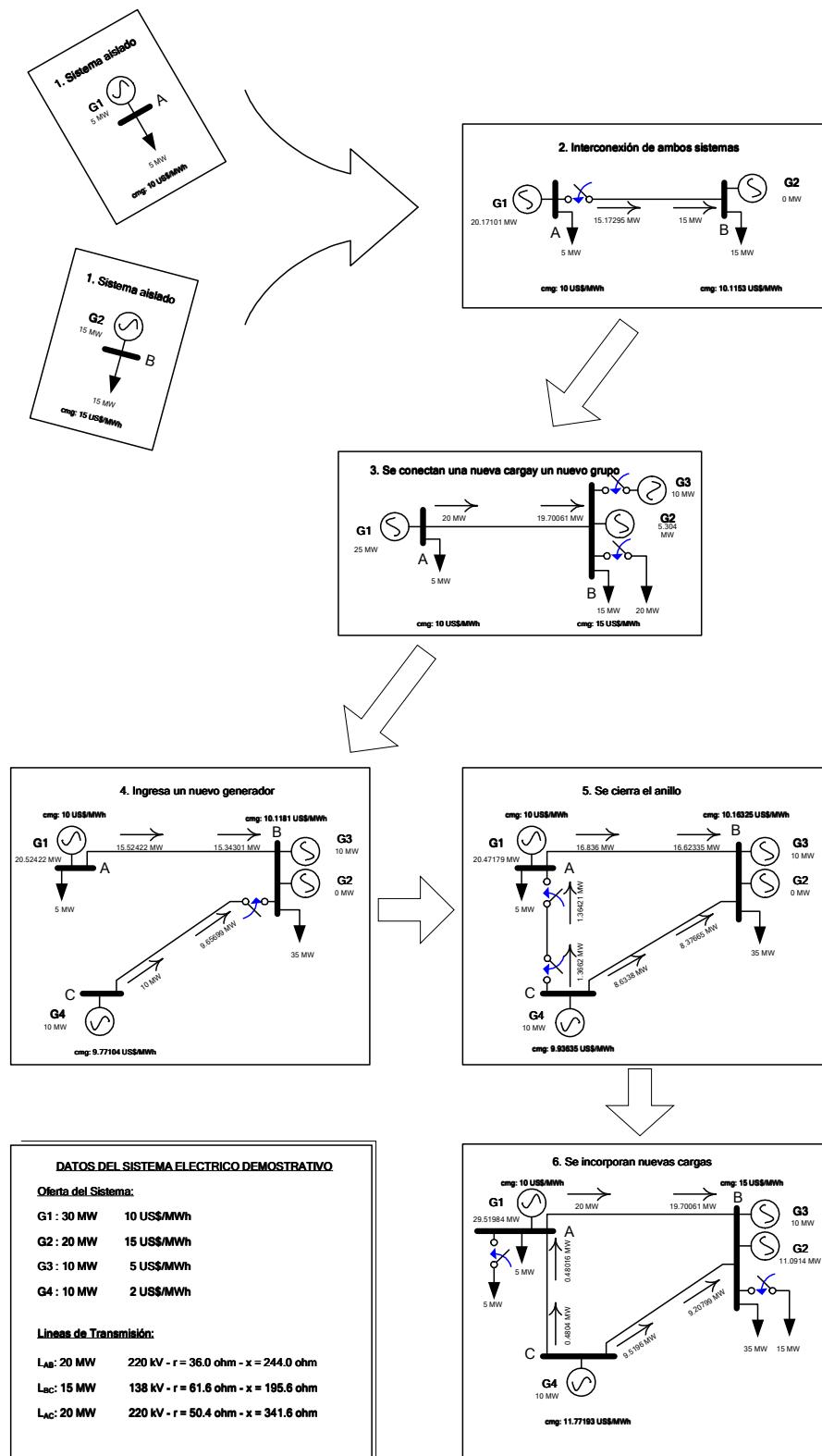


Figura 5.6 Resultados del Efecto de la Red de Transmisión

#### 5.3.2.1.3 Incorporación de una Nueva Carga y Generador en el Subsistema B

La adición de la nueva carga en B ocasiona que la línea  $L_{ab}$  alcance el límite de transmisión especificado, evitando de esta forma que la energía más barata disponible en A no pueda llegar a B; debiéndose comprar energía local más cara.

Este efecto, conocido como una forma de congestión, produce un aislamiento económico entre ambas zonas a pesar de estar físicamente unidas. En este caso, el precio en A es 10 US\$/MWh y en B 15 US\$/MWh, y como se observa debido a que la congestión es mayor que el efecto de las pérdidas de transmisión, este último no se refleja en los costos marginales a pesar de que existe transferencia de energía desde A hacia B.

#### 5.3.2.1.4 Ingreso de un Generador con su propia Línea de Transmisión

En la etapa 4, un nuevo generador inyecta energía desde el subsistema C, restableciendo el equilibrio y volviendo a relacionar los precios a lo largo del sistema. En este caso el generador marginal nuevamente está ubicado en el subsistema A donde el precio es de 10US\$/MWh. Los precios en B y C están diferenciados solamente por el efecto de las pérdidas de transmisión

#### 5.3.2.1.5 Cierre del Anillo

El cierre del anillo permite variar los flujos de transmisión, ya que se debe cumplir con las restricciones del flujo DC. El incremento del flujo en las líneas A-B y C-A permite que las pérdidas se incrementen occasionando que exista un ligero aumento en los costos marginales de B y C con respecto al caso anterior.

#### 5.3.2.1.6 Incremento de Nuevas Cargas al Sistema Anillado

El incremento de la demanda ocasiona que la línea  $L_{ab}$  se vuelva a congestionar. En este caso los subsistemas A y B tienen costos marginales intuitivos; sin embargo no ocurre lo mismo con el subsistema C, quien al tener el generador más barato en operación se esperaría que su precio fuese menor que los precios en A y B. No obstante, esto se explica debido a que si se incrementa la demanda en C significa que se disminuye la disponibilidad de energía eléctrica del generador G4, por lo cual se debe incrementar la producción de energía de la central inmediatamente más costosa y que tenga capacidad disponible que sería el generador G1, esto explica porque el precio se halla próximo a 10US\$/MWh.