



TRATAMIENTO DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE EXPLOTACIÓN EN SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Javier Blasco Pérez [*], Raúl Barrio Perotti [**], José Coto Aladro

[*] Alumno; [**] Tutor(es)

uo223215@uniovi.es

Departamento de Energía. Universidad de Oviedo.

RESUMEN

El presente artículo muestra el tratamiento de datos necesarios para el análisis del sistema de energía eléctrica, en el cual se han incluido las CCAA (Cantabria, País Vasco, Navarra, La Rioja y Aragón), teniendo en cuenta las interconexiones a 400 Kv con el resto del sistema y Francia.

Se modeló mediante el software PSS/E la zona a tratar, a través de un fichero.raw en el que aparecen los elementos del sistema.

Para cada día se obtuvieron los datos de los escenarios correspondientes a las horas 03, 12 y 21, coincidiendo con los estados de carga de valle, llano y punta respectivamente.

Para poder realizar los análisis, es necesario disponer de una serie de bases de datos que actualicen los ficheros.raw proporcionados por REE, que define el PDB (programa diario base), que asemejen cada escenario al real de trabajo.

Dicho tratamiento de datos es útil para poder conocer las principales causas que afectan a la entrada en funcionamiento por restricciones técnicas de las centrales térmicas de ciclo combinado.

ABSTRACT

This article shows the treatment of data necessary for the analysis of electric power system, which includes the autonomous regions CBNLA (Cantabria, País Vasco, Navarra, La Rioja

and Aragón), taking into account the interconnections to 400 Kv with the rest of the system and France.

It was model using the PSS/E software the area to be treated, through a file.raw in which are the elements of the system.

For each day is obtained the data of them scenarios corresponding to them hours 03, 12 and 21, coinciding with the States of load of Valley, plain and tip respectively.

To perform the analysis, it is necessary to have a series of databases that update files. Raw provided by REE, that defines the PDB (program daily basis), that closely match each stage to the real's work.

The treatment of data is useful to get to know the main causes that affect the entry into operation by technical restrictions of thermal power stations of combined cycle.

INTRODUCCIÓN

La gran cantidad de ciclos combinados instalados en los últimos años y su bajo factor de utilización, hacen que las compañías eléctricas tengan especial interés en realizar un estudio de escenarios en los cuales puedan entrar a formar parte en el mercado eléctrico. [2]



01-ene-2015		
Total MWh y Precio Medio para las restricciones técnicas		
Unidad de Programación	Total MWh	PMP €/MWh
AMBIETA	3.145,6	160,00
CTGN1	7.053,0	110,00
CTGN2	10.190,4	145,00
CTGN3	10.063,2	181,03
CTJON2	5.520,0	661,89
CTJON2	3.573,6	661,99

Tabla 1: Ejemplo de ofertas en el mercado de restricciones técnicas [1]

Otro motivo importante por el cual es interesante a favor de la entrada en funcionamiento de las centrales térmicas de ciclos combinados que utilizan Gas natural, frente a las centrales térmicas convencionales que utilizan Carbón, viene marcado por las emisiones de CO₂, el gas natural contiene una cantidad inferior de CO₂ por kWh de energía primaria.

Combustible	Emisión de CO ₂ (kg/kWh)
Gas natural	0,68 ⁵
Gas natural (ciclo combinado)	0,54 ⁵
Fuelóleo	0,70 ⁵
Biomasa (leña, madera)	0,82 ⁶
Carbón	1,00 ⁵

Tabla 2: Contenido en CO₂ en términos de energía primaria

En el aspecto económico, la utilización de gas natural en centrales térmicas de ciclos combinados, frente al carbón en centrales térmicas convencionales, nuevamente sale fortalecido, con la utilización de la técnica del fracking el precio del gas natural cayó hasta valores similar al precio del carbón en términos de energía primaria. La siguiente gráfica muestra la evolución de ambos precios a lo largo de los últimos 20 años. [6]

Figura 1: Potencia y cobertura del sistema eléctrico según la tecnología [2]

Debido a los altos costes variables y la alta capacidad de respuesta que tienen este tipo de centrales, las compañías no tienen un interés especial en entrar a formar parte del mercado diario fijado por la ley de oferta y demanda, sino que les es más atractivo poder entrar en mercados posteriores, como puede ser el mercado de restricciones técnicas, en el cual los precios unitarios son superiores.

Para poder ver la diferencia entre el mercado diario y el mercado de restricciones técnicas, a continuación, se muestra el precio medio unitario recogido en el OMIE (operador del mercado) para el día 01/01/2015, que a lo largo del día fue de 46,70 €/MWh. [1]



Gráfica 1: Evolución del precio del carbón y gas natural en términos de energía primaria [6]

Además de tener un precio similar, el rendimiento de las centrales térmicas de ciclo combinado (aprox. 50 %), es muy superior al que proporcionan las centrales térmicas

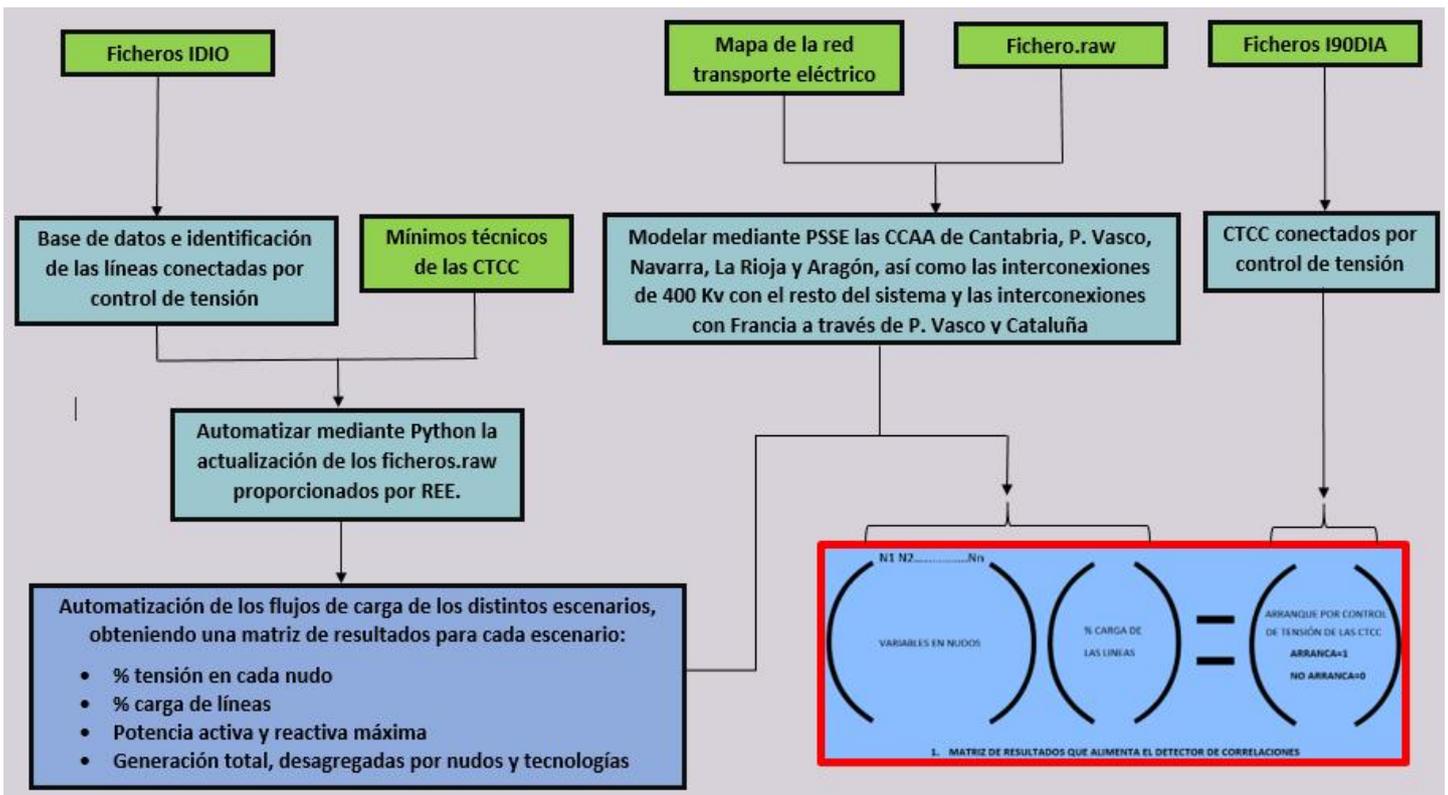
convencionales (aprox. 32 %), por lo tanto, el precio final de la energía es inferior, este rendimiento también beneficia a las centrales térmicas de ciclos combinados en cuanto a las emisiones de CO₂.

OBJETIVOS

El objetivo del presente artículo la creación de una herramienta que permita de forma automática realizar análisis del sistema eléctrico español, a través del estudio de series históricas de datos, en este caso, se trata de la entrada en funcionamiento por restricciones técnicas, de la central térmica de ciclo combinado de Castejón.

MÉTODO TRABAJO

FLUJOGRAMA DEL PROCESO



Flujograma 1: Proceso realizado.



MODELAR LA ZONA A TRATAR

Mediante el programa de simulación de potencia de sistemas de ingeniería PSS/E utilizado para las redes de transmisiones eléctricas, se modeló las comunidades autónomas de Cantabria, País Vasco, Navarra, La Rioja y Aragón, así como las interconexiones a 400 Kv con el resto del sistema y las interconexiones con Francia a través de País Vasco y Cataluña.

Se diferenciaron en el sistema modelado las tensiones de 132 Kv, 220Kv y 400Kv, las tensiones inferiores se han considerado como cargas en los nudos donde están conectadas.

Para modelar el sistema de energía eléctrica se partió de un fichero.raw proporcionado por REE que define el programa diario base (PDB), el cual viene determinado por todos los elementos del sistema y especifica el estado de cada uno de ellos después del mercado diario de energía, por lo tanto, las centrales que llegaron a casar en el mercado diario aparecen conectadas y con la potencia casada, los demás elementos del sistema que aparecen desconectados son aquellos que están continuamente fuera de servicio a lo largo de varios escenarios.

Para poder seguir una distribución similar a la real, se utilizó el siguiente mapa de la red de distribución:

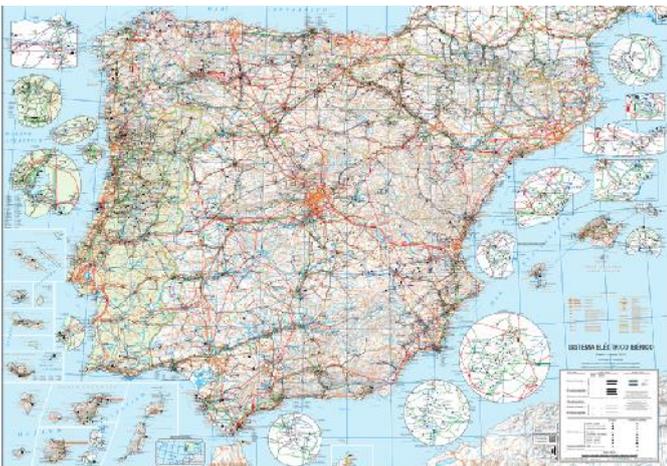


Figura 2: Red de transporte del sistema eléctrico de España

Una vez modelado la zona a tratar, se extrajeron las siguientes librerías:

- Nudos del sistema

- Líneas del sistema
- Generadores del sistema

Dichas librerías se utilizaron con posterioridad con el fin de recorrer cada uno de los elementos que conforman el sistema.

REALIZACIÓN DE LAS BASES DATOS

A través de la programación en VBA se obtuvo una base de datos de las centrales térmicas de ciclos combinados que se conectaron por control de tensión, esta información se refleja en la hoja 34 (Limitaciones establecidas en resolución de restricciones en el mercado diario) en los ficheros I9ODIA que aparecen en el OMI E.

El código fue realizado para situar en cada escenario todas las centrales que se conectaron por control de tensión, partiendo de esta base de datos se realizó otro código para situar cada una de las centrales a analizar en una hoja Excel, ordenándolas por orden cronológico respecto a la entrada en funcionamiento.

Por otro lado, nuevamente mediante la programación en VBA, se identificó cada una de las líneas eléctricas, incorporando el número de los nudos, el circuito y la tensión, para poder extraer los datos mediante PSS/E, una vez identificadas e incorporados los datos mencionados, es necesario conocer las líneas que fueron desconectadas por control de tensión en cada uno de los escenarios, esta información viene recogida en los ficheros IDIO proporcionados por REE.

Maniobras de líneas para control de la tensión	Apertura		Cierre	
	Hora	Día	Hora	Día
ARAGÓN-LEVANTE				
L-400 KV FUENDETODOS-MUNIESA	22:54	15/01/2015		
L-400 KV MEZQUITA-MUNIESA	22:54	15/01/2015		
L-400 KV COFRENTES-LA ELIANA	01:03	30/01/2015	09:57	02/02/2015
L-400 KV ARAGÓN-PEÑALBA 1	01:05	30/01/2015		
L-400 KV CATADAU-BENEJAMA	03:27	30/01/2015		
L-400 KV PALMAR-ROCAMORA 1	22:03	30/01/2015	08:48	02/02/2015
L-400 KV N ESCOMBRERAS-PALMAR 2	22:35	30/01/2015		
L-400 KV PALMAR-CARRIL	22:39	30/01/2015	10:01	02/02/2015
L-220 KV BENEJAMA-JIJONA, 1	01:38	31/01/2015	07:40	02/02/2015
L-220 KV BENEJAMA-NOVELDA	01:39	31/01/2015	07:41	02/02/2015
L-220 KV NOVELDA-SALADAS,1	01:39	31/01/2015	07:41	02/02/2015
L-220 KV BENIFERRI-PARQUE CENTRAL	00:54	01/02/2015	08:09	01/02/2015
L-220 KV GURREA-VILLANUEVA 1	17:01	01/02/2015	12:16	02/02/2015
L-220 KV ESCATRON-VILLANUEVA, 1	17:02	01/02/2015	12:14	02/02/2015
L-400 KV CATADAU-LA MUELA 2	23:53	01/02/2015	07:29	02/02/2015

Tabla 3: Ejemplo de ficheros IDIO



A continuación, se pasa a modificar cada uno de los ficheros.raw, pero para ello es necesario tener una base de datos en la cual se especifiquen los mínimos técnicos de cada una de las centrales, esta información fue proporcionada por EDP-HC

MODIFICAR RAW

La actualización de los ficheros.raw se realizó mediante programación en Python, se decidió separar en dos partes, para evitar una carga de computación excesiva por la gran cantidad de datos a tratar.

En la primera parte, se realizó un bucle que pasara por cada uno de los escenarios a analizados, recorriendo cada una de las centrales térmicas de ciclos combinados y comprobando que no habían casado por debajo de su mínimo técnico, en caso contrario, se modificó el estado de la central y fue desconectada.

En la segunda parte, se utilizó el bucle anterior para recorrer cada uno de los escenarios, pero pasando por cada una de las líneas de los ficheros IDIO, modificando el estado de las líneas, atendiendo al criterio establecido, dicho criterio son que el estado de las líneas viene definido para cada escenario es el estado de las líneas los 15 minutos posteriores a la hora marcada para el escenario.

TOMA DE DATOS

Una vez que se dispuso de los ficheros.raw modificados para todos escenarios, nuevamente

mediante Python se procedió a automatizar los flujos de carga de cada uno de los escenarios, y se sacó una matriz de datos, exportando dichos datos a una hoja de Excel para poder ser tratados con posterioridad.

Dicha matriz se compone de los siguientes datos para cada uno de los nudos:

- Número correspondiente en PSS/E
- Tensión en PU
- Potencia activa máxima
- Potencia reactiva máxima
- Generación desagregada por tecnologías

Por otro lado, se extrajo una matriz columna en la cual aparecerán el % de carga de las líneas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MODELO DE LA ZONA A TRATAR

En primer lugar, se consiguió el modelo del sistema eléctrico de la zona a tratar, con una distribución similar a la real de la red, de manera que resulta más sencillo identificar la zona de cada una de los elementos.

Se identificó cada una de las tensiones de servicio con un color, con la siguiente distribución:

- Rojo corresponde a una tensión de 400 Kv
- Verde corresponde a una tensión de 220 Kv
- Azul corresponde a una tensión de 132 Kv
- Magenta corresponde a elementos del sistema que están fuera de servicio

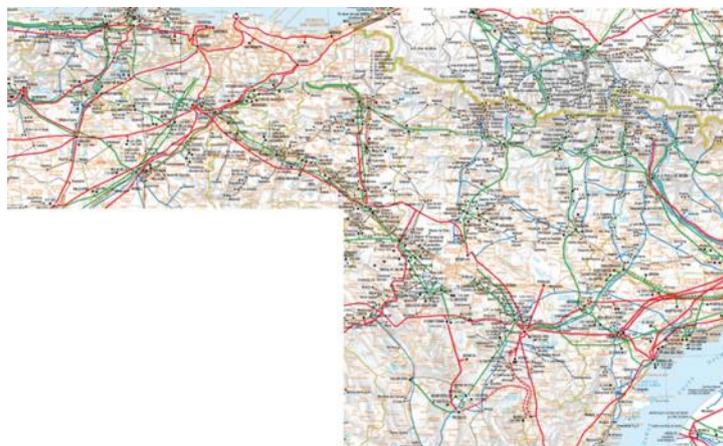


Figura 3: Red de transporte eléctrico zona modelada

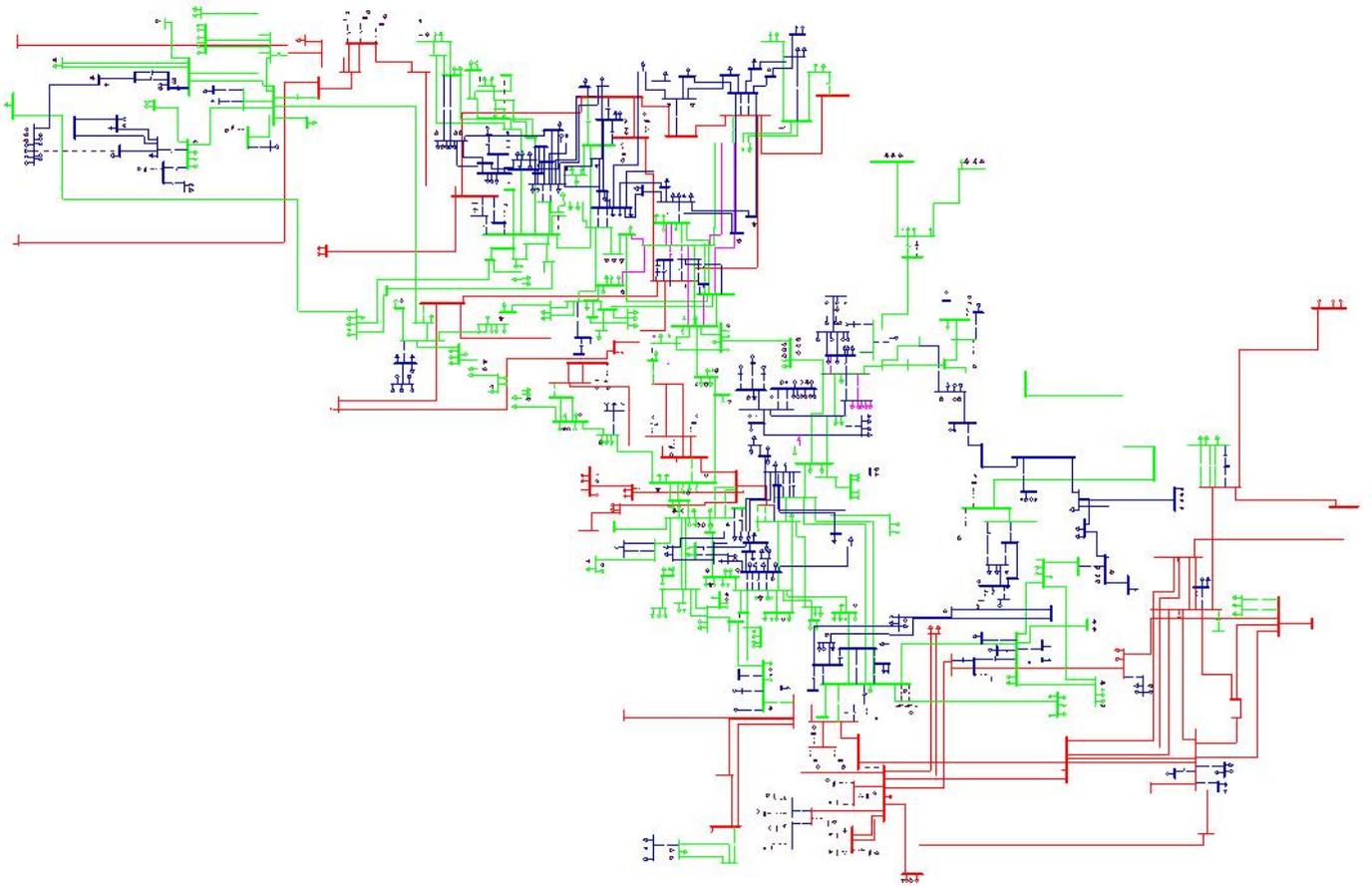


Figura 4: Modelo de la zona norte del sistema eléctrico de España

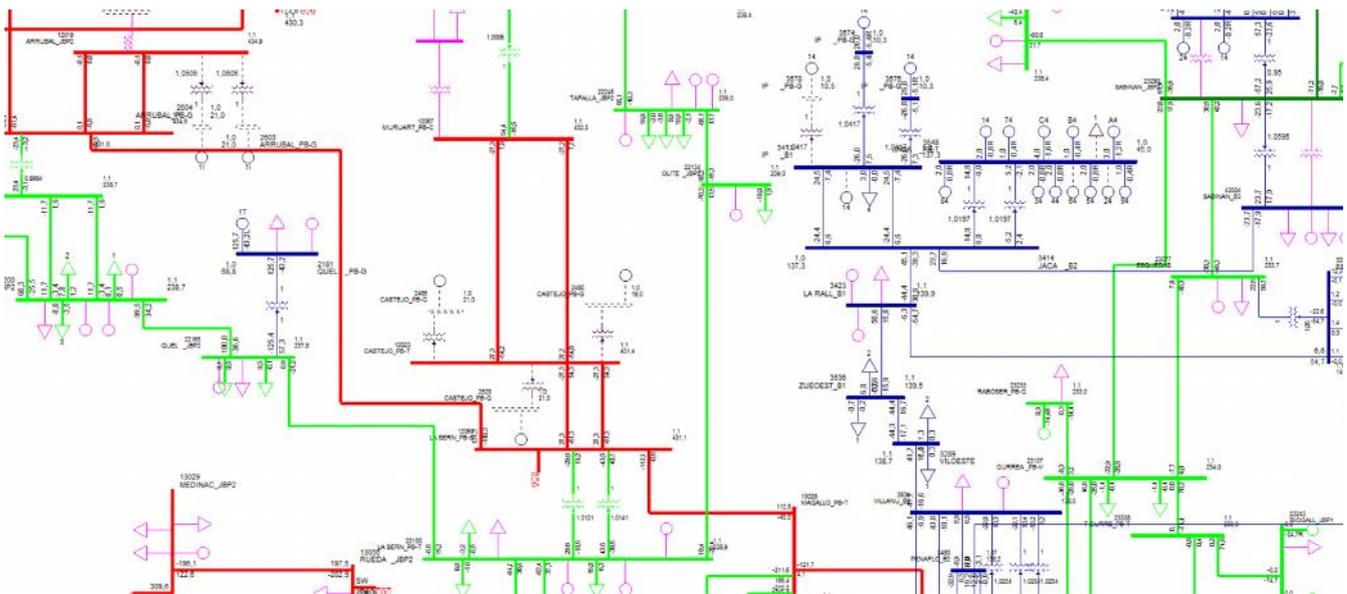


Figura 5: Modelo de la zona de Castejón



BASES DE DATOS

En primer lugar, se obtuvo una base de datos en la que aparecen todas las centrales del sistema eléctrico que fueron conectadas por control de tensión.

La primera de ellas ordenada de tal forma que aparezcan las centrales que conectaron cada día.

Unidad de Programación	Tipo Restricción	MWh										
		01-ene-2015	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10
AGUB	RSI											
GUIB	RSI											
MLTB	RSI											
MUEB	RSI											
SLTB	RSI											
TJEB	RSI											
ABO2	RTD											
ACE4	RTT	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
ALZ1	RSI											
ALZ2	RSI											
AMBIETA	RTT	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275
ASC1	RSI											
ASC2	RSI											
BAHIAB	RTT	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
BES4	RTT	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165

Tabla 4: Ejemplo de Centrales conectadas por control de tensión

Partiendo de la base de datos anterior, se realizó un código de tal forma que ordenara cada una de las centrales térmicas de ciclo combinado de la zona a analizada en una hoja de Excel, de esta manera se pudo observar la frecuencia con la que entran cada una de ellas en el mercado de restricciones técnicas.

Estas centrales son:

CTCC	CÓDIGO UP
AMOREBIETA	AMBIETA
ARRUBAL	ARRU1
	ARRU2
CASTEJÓN	CTJON1
	CTJON2
	CTJON3
CASTELNOU	CTNU
ESCATRÓN	ECT3
	ECT2
SANTURCE	STC4
ZIERBENA	BAHIAB

Tabla 5: Código UP de las centrales térmicas de ciclos combiandos en la zona a tratar

De todas las centrales de la zona las que entraron a formar parte del mercado de restricciones técnicas con una frecuencia interesante de estudio son:

CTCC	CODIGO UP
AMOREBIETA	AMBIETA
ARRUBAL	ARRU2
CASTEJÓN	CTJON1
	CTJON3
ZIERBENA	BAHIAB

Tabla 6: Centrales térmicas de ciclos combinados que fueron conectadas por control de tensión

Por otro lado, Escatrón fue conectada por control de tensión en tan solo dos ocasiones, por lo que no es objeto de estudio, las demás



centrales no entraron en dicho mercado en ninguna ocasión.

En la siguiente tabla muestra un ejemplo de la base de datos que se realizó para cada una

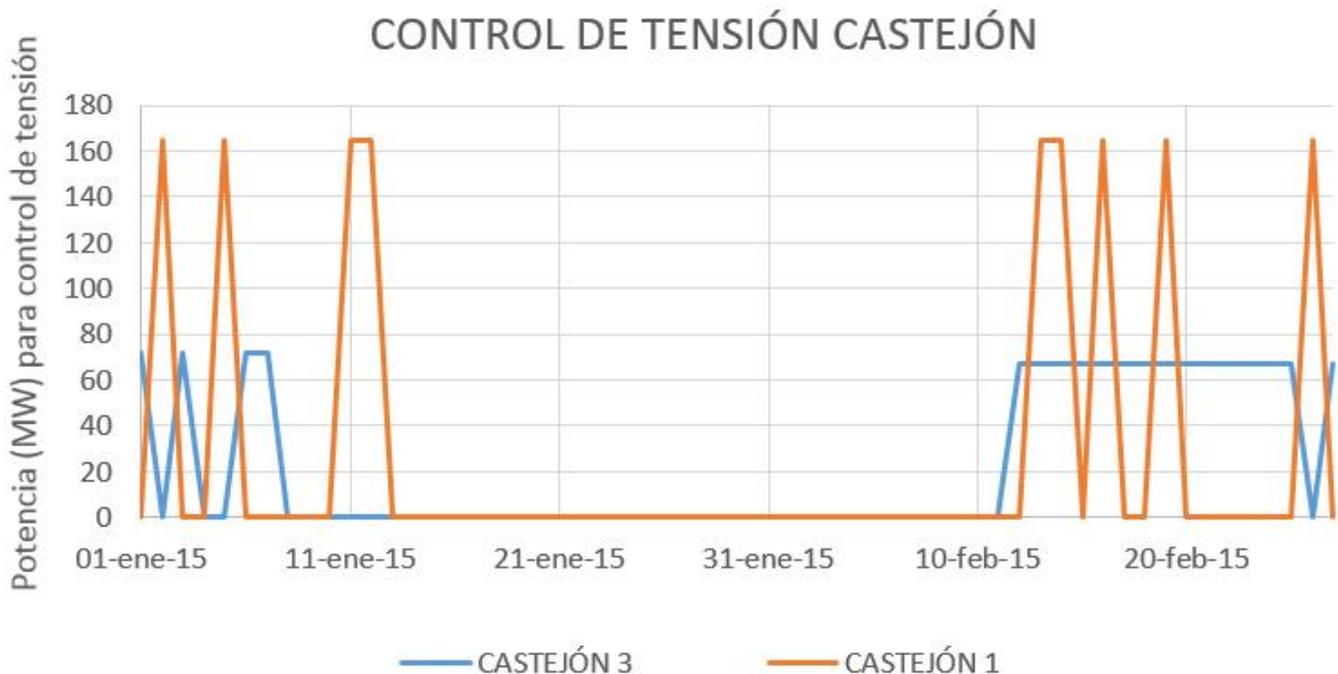
de las centrales térmicas de ciclos combinados que fueron conectadas por control de tensión, por orden cronológico de conexión.

Unidad MWh											
UP	tipo de restricción	Fecha	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09
CTJON3	RTT	01-ene-2015	72	72	72	72	72	72	72	72	72
CTJON3	RTT	03-ene-2015	72	72	72	72	72	72	72	72	72
CTJON3	RTT	06-ene-2015	72	72	72	72	72	72	72	72	72
CTJON3	RTT	07-ene-2015	72	72	72	72	72	72	72	72	72
CTJON3	RTT	12-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	13-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	14-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	15-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	16-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	17-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	18-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	19-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	20-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	21-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	22-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67
CTJON3	RTT	23-feb-2015	67	67	67	67	67	67	67	67	67

Tabla 7: Ejemplo de conexión por control de tensión (Castejón)

En la siguiente gráfica se observó la necesidad de conocer los parámetros que influyen en la conexión por control de tensión en la central

térmica de ciclo combinado de Castejón, con el fin de adelantarse a los acontecimientos.



Gráfica 2: Ejemplo de conexión por control de tensión de Castejón (enero y febrero de 2015)



A continuación, se obtuvieron los ficheros IDIO con la identificación de cada una de las

líneas mediante los nudos a los cuales están conectadas y el circuito al que pertenecen.

Maniobras de líneas para control de la tensión	Apertura		Cierre		Base kV	Id	From Bus Number	From Bus Name	To Bus Number	To Bus Name	From Area Number
	Hora	Día	Hora	Día							
L-400 kV FUENDETODOS-MUNIESA	22:54	15/01/2015			400	1	13024 FUENDET_PB-M	13034 MUNIESA			
L-400 kV MEZQUITA-MUNIESA	22:54	15/01/2015			400	1	13021 MEZQUITA	13034 MUNIESA			
L-400 kV COFRENTES-LA ELIANA	01:03	30/01/2015	09:57	02/02/2015	400	1	14035 COFRENT_PB-T	14045 ELIANA_JBP2			
L-400 kV ARAGÓN-PEÑALBA 1	01:05	30/01/2015			400	1	13000 ARAGON_JBP2	13036 PENALBA_JBP2			
L-400 kV CATADAU-BENEJAMA	03:27	30/01/2015			400	1	14010 BENEJAM_PB-R	14025 CATADAU_PB-T			
L-400 kV PALMAR-ROCAMORA 1	22:03	30/01/2015	08:48	02/02/2015	400	1	14092 PALMAR_PB-L	14100 ROCAMOR_PB-B			
L-400 kV N.ESCOBRERAS-PALMAR 2	22:35	30/01/2015			400	2	14051 NESCOMB_PB-T	14092 PALMAR_PB-L			
L-400 kV PALMAR-CARRIL	22:39	30/01/2015	10:01	02/02/2015	400	1	14026 CARRIL	14092 PALMAR_PB-L			
L-220 kV BENEJAMA-JIJONA, 1	01:38	31/01/2015	07:40	02/02/2015	220	1	24020 BENEJAM_JBP2	24125 JIJONA_JBP2			
L-220 kV BENEJAMA-NOVELDA	01:39	31/01/2015	07:41	02/02/2015	220	1	24020 BENEJAM_JBP2	24061 NOVELDA			
L-220 kV NOVELDA-SALADAS, 1	01:39	31/01/2015	07:41	02/02/2015	220	1	24061 NOVELDA	24242 SALADAS_JBP2			
L-220 kV BENIFERRI-PARQUE CENTRAL	00:54	01/02/2015	06:09	01/02/2015	220	1	24028 BENIFERR	24199 PCENTRAL			
L-220 kV GURREA-VILLANUEVA 1	17:01	01/02/2015	12:16	02/02/2015	220	1	23107 GURREA_PB-V	23395 VILLANU_JBP2			
L-220 kV ESCATRON-VILLANUEVA, 1	17:02	01/02/2015	12:14	02/02/2015	220	1	23093 ESCATRO_PB-A	23395 VILLANU_JBP2			
L-400 kV CATADAU-LA MUELA 2	23:53	01/02/2015	07:29	02/02/2015	400	2	14025 CATADAU_PB-T	14075 LA MUEL_B1C			
CATALUÑA											
L-400 kV BIEROLA SENTMENAT 2	21:51	30/01/2015	08:38	02/02/2015	400	2	13045 BIEROLA_PB-V	13060 SENTMENAT_IBP2			

Tabla 8: Ejemplo de IDIO con la identificación de las líneas

RAW MODIFICADOS

Para la modificación de cada uno de los escenarios se realizó un código, que en primer lugar recorriera la base de datos de los mínimos técnicos de cada una de las centrales térmicas de ciclo combinado, cogiendo el número del nudo, la identificación (Id) y el mínimo técnico de cada una de las centrales.

El nudo es el dato necesario para conocer el valor de la potencia con la que casaron en el mercado diario y compararlo con el mínimo de la base de datos.

El comando utilizado para conocer la potencia compleja de los generadores es:

```
ierr, cmpval = psspy.gendat(bus)
```

La comparación de potencia se hizo en términos de potencia activa, por lo que se obtuvo a partir de la potencia compleja.

En el caso de que la potencia casada en el mercado diario fuera inferior al mínimo técnico se realizó la modificación en el fichero.raw, para ello es necesario introducirle el nudo y la identificación, se realizó mediante el siguiente comando:

```
ierr=psspy.machine_data_2(bus, Id, intgar, realar)
```

La parte intgar se compone de 5 elementos, y en el primero de ellos corresponde al estado del generador, es donde se realizó la modificación, el estado del generador viene definido de la siguiente manera:

- Conectado: intgar=[1,_i,_i,_i,_i,_i]
- Desconectado: intgar=[0,_i,_i,_i,_i,_i]

A continuación, se realizó un código para modificar en los ficheros.raw en función del estado de las líneas según los ficheros IDIO. Se comprobó la fecha de apertura y cierre de las líneas determinando el estado de estas.

Para modificar el estado de las líneas, es necesario conocer los nudos y el circuito de cada una de ellas, estos datos se recogen al recorrer los ficheros IDIO, la modificación se realiza mediante el siguiente comando:

```
ierr=psspy.branch_chng(ibus, jbus, Id, intgar, realar)
```

La parte intgar se compone de 6 elementos, y en el primero de ellos corresponde al estado de las líneas, es donde se realizó la modificación, el estado de las líneas viene definido de la siguiente manera:



- Conectada: intgar=[1,_i,_i,_i,_i,_i,_i]
- Desconectada: intgar=[0,_i,_i,_i,_i,_i,_i]

En los ficheros IDIO hay dos excepciones, dos de las líneas que aparecen en los ficheros IDIO sufren desigualdades en los ficheros.raw

Estas líneas son:

- L-220 Kv Villaverde-Azután sufre un desdoblamiento en Talavera.
- L-220 Kv Maragall-Trinitat que se dispone de dos circuitos.

TOMA DE DATOS

En primer lugar, antes de extraer los datos en necesario se realizó un flujo de cargas de cada uno de los escenarios, desechando aquellos escenarios en los que no es posible encontrar la solución, para realizar el flujo de cargas se realizó mediante el siguiente código:

##REALIZAR FLUJO DE CARGAS

##Función Tree para anular las islas

Nº Nudo	1084	1132	1136	1240	1534	1572	1606	1607	1608	1609	
Tensión PU	1,01297235	1,01335907	1,01196361	1	1,02773643	1,00112915	1	1	1	1	0,9
P max	0	0	0	1	0	5,5	0	0	91	0	
Q max	0	0	0	8	0	1	0	0	86	0	
EÓLICA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HIDRÁULICA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C.COMBINADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TÉRMICA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OTROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 9: Ejemplo de matriz de datos para los nudos

Se diferencié el tipo de tecnología a la que pertenece cada uno de las centrales, de tal forma que cuando se busquen correlaciones en el arranque por control de tensión, pueda venir determinado por el aumento de generación en alguna de las distintas tecnologías.

Se planteó la posibilidad de introducir en la matriz de datos las cargas de los nudos, pero no se consideró determinante ya que las cargas son semejantes a lo largo de los distintos escenarios, y el trabajo que llevaría identificar cada una de ellas, acabo desestimando esta opción.

```
ierr,buses_island = psspy.tree(1,0) #primera
ejecución del tree detecta número de buses en
islas
```

```
while buses_island>0:
```

```
    ierr,buses_island = psspy.tree(2,1) #ejecución
    de tree hasta que el número de buses en isla
    sea 0
```

```
    if ierr == 0:
```

```
        print ' TREE realizado correctamente.'
```

```
    else:
```

```
        print '|n ERROR %d' %ierr
```

```
        codigoError=13
```

```
        StringError='ERROR %d [TREE]' %ierr
```

```
        return #(codigoError,StringError)
```

```
print('Islas eliminadas correctamente[TREE].')
```

```
#flujo de cargas
```

```
ierr = psspy.fns1([0,0,0,1,1,1,99,0]) #flujo de
cargas
```

```
solved = psspy.solved() #si es 0 convergió
```

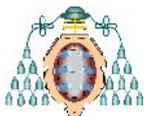
Para los escenarios que se consiguieron una solución, se obtuvo la siguiente matriz de datos con todos los nudos de la zona:

Para la extracción de datos al realizar el flujo de cargas se utilizaron los siguientes comandos:

```
ierr, rval = psspy.busdat(ibus , 'PU') #TENSIÓN
POR UNIDAD
```

```
ierr, rval = psspy.macdat(bus, id, 'P')
#POTENCIA (MW)
```

```
ierr, rval = psspy.macdat(bus, id, 'PMAX')
#POTENCIA ACTIVA MÁXIMA (MW)
```



```
ierr, rval = psspy.macdat(bus, id, 'QMAX')
#POTENCIA REACTIVA MÁXIMA (MVar)
```

Para realizar la extracción de datos se recorrió la lista de nudos, sacando la tensión en valores por unidad (PU), y se comprobaba si el número del nudo aparecía en la lista de generadores, si así era, se cogió el número del nudo y la identificación de generador que son los datos necesarios para extraer los datos de los generadores.

Por último, se extraen los datos del % de carga de la línea obteniendo una matriz columna para cada uno de los escenarios en los que se consiguieron resultados.

ibus	From bus name	jbus	To bus name	Id	Carga Total
13000	ARAGON_PB-EC400,00	13013	CCTELNO_PB-T400,00	2	0,00586
13000	ARAGON_PB-EC400,00	13030	MEQUINE_JBP1400,00	1	0,303180009
13000	ARAGON_PB-EC400,00	13035	PENAFLO_PB-M400,00	1	0,402310014
13000	ARAGON_PB-EC400,00	13036	PENALBA_JBP2400,00	1	0,303180009
13000	ARAGON_PB-EC400,00	13035	PENALBA_JBP2400,00	2	0,238590002
13000	ARAGON_PB-EC400,00	13042	PEAKERG_JBP1400,00	1	0,054200001
13000	ARAGON_PB-EC400,00	13065	TERUEL_JBP1400,00	1	0,175449997
13000	ARAGON_PB-EC400,00	13065	TERUEL_JBP1400,00	2	0,175449997
13000	ARAGON_PB-EC400,00	14072	MORELLA_PB-P400,00	1	0,425799996
13000	ARAGON_PB-EC400,00	53000	ARAGON_PB-#400,00	1	0
13005	ASCO_JBP3400,00	53000	ARAGON_PB-#400,00	1	0,432509992
13014	CICCECI_JBP1400,00	13020	ESCAIRO_PB-A400,00	1	0,002
13020	ESCATRO_PB-A400,00	13024	FUENDET_PB-M400,00	1	0,314220011
13020	ESCATRO_PB-A400,00	53000	ARAGON_PB-#400,00	1	0,074050002
13021	MEZQUITA 400,00	13024	FUENDET_PB-M400,00	1	0,520850003
13021	MEZQUITA 400,00	13034	MUNIESA 400,00	1	0,247909993
13024	FUENDET_PB-M400,00	13034	MUNIESA 400,00	1	0,272370011

Tabla 10: Ejemplo de cargas de las líneas

Para la extracción de los datos de carga de las líneas al realizar el flujo de cargas se utilizó el siguiente comando:

```
ierr, rval = psspy.brndat(ibus,jbus,Id,'CHARG')
```

Los datos necesarios para poder realizar la extracción de datos son los nudos a los que está conectado y el circuito al que pertenecen (Id).

CONCLUSIONES

La programación en Visual Basic (VBA) es muy útil a la hora de realizar filtrados masivos, ya que ahorra mucho tiempo y se evitan errores.

Se ha conseguido desarrollar una metodología que permite analizar los factores que influyen en la entrada en funcionamiento de las

centrales térmicas de ciclos combinados para el control de tensión.

No se conocen estudios similares previos al que se especifica en este documento.

Al realizar el trabajo nos encontramos con el problema de analizar las cargas que soporta cada nudo, sus identificaciones son muy heterogéneas, lo que hizo complicado la toma de datos de cada nudo, se observó que las cargas son muy similares en los escenarios que se sitúan en las mismas horas, y se consideró que no iban a ser muy influyentes.

Se plantea como trabajos futuros, plantear un nuevo modelo energético, a partir de las herramientas realizadas con alguna pequeña modificación y ampliación a todo el sistema eléctrico de España, eliminando las centrales térmicas convencionales que trabajan con carbón de importación e incluyendo las centrales térmicas de ciclos combinados en el mercado diario.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en esta tesis el apoyo incondicional de mis progenitores M^a Ángeles Pérez y Agustín Blasco, que siempre me apoyaron tanto de forma moral como económica para poder alcanzar mis metas, que a la vez se han hecho tuyas también.

Por otro lado, agradecer a los compañeros de todos estos años, que poco a poco hemos dejado de ser compañeros para convertirnos en una pequeña familia.

También agradecer la ayuda del equipo docente de la universidad de Oviedo a lo largo de estos 5 años.

Por último, me gustaría agradecer también la confianza de mi tutor José Coto Aladro por confiar en mí a la hora de realizar distintos proyectos con la FUO.

REFERENCIAS

- [1] Operador del Mercado Eléctrico Ibérico (OMIE). Reglas de funcionamiento del mercado eléctrico de producción. Disponible en www.omie.es. Accedido a enero 2016
- [2] Red Eléctrica de España (REE). Operador del sistema eléctrico español. Disponible en www.ree.es. Accedido a enero 2016



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
EP de Ingeniería de Gijón
ETS de Ingenieros de Minas de Oviedo

Máster Universitario en
Ingeniería Energética
Curso 2015-16



[3] Gestión de la demanda www.esios.ree.es.
Accedido a enero 2016

[4] Manuales de Python www.python.org.
Accedido a enero 2016

[5] Manuales PSS/E www.siemens.com.
Accedido a enero 2016

[6] Precios de materias primas
www.indexmundi.com. Accedido a enero 2016