

8



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**ALGORITMO DE CÁLCULO DEL BALANCE
DE ENERGÍA PARA CENTRALES
DE GENERACIÓN ELÉCTRICA**

798057

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
CHRISTIAN ARTEAGA CÁRDENAS

ASESORES:
ING. JOSÉ JUAN CONTRERAS ESPINOSA
ING. JUAN ERNESTO GRANDE FERNÁNDEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO, 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE
 MÉXICO

U. N. A. M.
 ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Algoritmo de Cálculo del Balance de Energía para Centrales de Generación
Eléctrica "

que presenta el pasante: Christian Arteaga Cárdenas
 con número de cuenta: 9106413-6 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx a 27 de Septiembre de 2001

PRESIDENTE	Dra.ª Frida María León Rodríguez	
VOCAL	Ing.ª José Juan Contreras Espinosa	
SECRETARIO	Dr. Armando Aguilar Márquez	
PRIMER SUPLENTE	Ing.ª Jorge de la Cruz Trejo	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing.ª José Luz Hernández Castillo	

Tabla de Contenido

	Página
Objetivo	5
Introducción	7
1. Definiciones	11
1.1. <i>Análisis del Diagrama Unifilar</i>	13
1.2. <i>Puntos de Medición de Energía</i>	17
1.3. <i>Arreglos Típicos y Atípicos</i>	25
2. Cálculo del Balance de Energía	31
2.1. <i>Balance de Energía</i>	33
2.2. <i>Variables a Calcular</i>	41
2.3. <i>Prorrates de Energía</i>	49
2.4. <i>Flujo de energía</i>	52
2.5. <i>Arreglos Típicos</i>	54
2.6. <i>Arreglos Atípicos</i>	67
3. Algoritmo Genérico	81
3.1. <i>Secuencia Lógica de Cálculo</i>	83
3.2. <i>Diagrama de Bloques</i>	84
3.3. <i>Diagrama de Flujo</i>	85
4. Aplicaciones Computacionales	95
4.1. <i>Adquisición de Datos de Medidores</i>	97
4.2. <i>Programación en Lenguaje Informix</i>	99
4.3. <i>Reportes Técnicos y Ejecutivos</i>	118
4.4. <i>Nodo de Instalación</i>	129
Conclusiones	131
Referencias	133

Objetivo

Diseñar un algoritmo para el cálculo del balance de energía que pueda ser aplicado para los distintos arreglos eléctricos que existen en las centrales generadoras de Comisión Federal de Electricidad, que cumpla con las necesidades de eficiencia, precisión y homogeneidad requeridas, que observe toda la normatividad que establece los criterios y reglas que este cálculo debe satisfacer. Como principal objetivo está el generar aplicaciones computacionales que permitan utilizar el algoritmo en aplicaciones prácticas.

Introducción

Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una de las instituciones más significativas en el desarrollo del país desde 1937, se encarga de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica dentro de gran parte de la República Mexicana.¹

Uno de los principales retos que CFE enfrenta consiste en controlar de manera eficiente, precisa, homogénea y congruente, toda la información relativa a la producción, consumo, pérdida y entrega de energía eléctrica activa, que en lo sucesivo llamaremos simplemente energía. Ese control es llamado *Balance de Energía (BE)* y consiste en la determinación de la cantidad de energía que entra y sale de un sistema.

Los primeros trabajos formales para llevar a cabo el análisis y control de pérdidas de energía surgieron en 1973, dando como resultado el procedimiento GM-A007 de 1978 para la medición de la energía en los puntos de interconexión de los diferentes procesos.² En 1994 se implementa el procedimiento MED-7001 en CFE para calcular el balance de energía, siendo actualizado a finales de la década de los 90's, con él se establece un modelo del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, dividiéndolo en pequeños sistemas cuyo balance de energía sería más sencillo, y de cuya suma resultaría el balance de energía global. Con esta actualización al procedimiento se redefinen las fronteras entre las áreas de Generación y Transmisión incluyendo dentro del sistema de cada Central Generadora de Energía Eléctrica (CG) la primer etapa de transformación³ y los transformadores de arranque⁴, que anteriormente eran parte del sistema de Transmisión.

Esto cambia la forma en que hasta ese momento se llevaban a cabo los cálculos de balance de energía en una CG, generando un problema adicional, que consistía en el planteamiento de un algoritmo que, cumpliendo con los criterios y necesidades de CFE, cubriera adicionalmente los requisitos que el nuevo procedimiento establecía.

¹ Página WEB de Comisión Federal de Electricidad [online]. 13 de Febrero de 2001; 13:40 [última actualización: 23 de Enero de 2001]. Disponible actualmente en: <<http://www.cfe.gob.mx/git/info.html>>.

² MED - 7001, Procedimiento para la Elaboración del Balance de Energía Eléctrica. México, México, Comisión Federal de Electricidad y Luz y Fuerza del Centro. Primer Actualización. 1998.

³ La de los transformadores principales de la central.

⁴ Transformadores que se usan para suministrar energía a una unidad generadora en caso de arranque.

Entre las características del algoritmo expuesto en este trabajo están el que puede ser programado en una computadora para brindar la eficiencia y precisión que se requiere, que permite calcular el **BE** de cada hora, en cualquier **CG** del país, para tener un mismo programa computacional en todas las **CG's**, por tanto una metodología homogénea de cálculo y finalmente que cumple con todos los procedimientos normativos con los que **CFE** establece los criterios y reglas que este cálculo debe satisfacer.

El cálculo del **BE** es complicado por dos motivos fundamentales: el primero y más importante es que la energía que una **CG** produce se consume en el momento de su generación, no se almacena dentro del sistema, lo que implica que no es posible tener un inventario exacto de la producción antes del consumo y que la congruencia y sincronía de las mediciones de energía tanto en la entrada como en la salida son sumamente importantes, o sea que los medidores de energía deben ser calibrados de la misma manera y ser consultados al mismo tiempo, de lo contrario es posible que nuestra medición de energía a la salida resulte mayor que a la entrada, un evidente error.

El otro motivo es la dimensión del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, uno de los más grandes del mundo y modelarlo matemáticamente resulta bastante complicado, por ello la necesidad de plantear un modelo matemático que divida ese sistema.

Dentro de **CFE** se desarrollaron modelos que solucionaban parcialmente estos problemas, por ejemplo con hojas electrónicas de cálculo que realizaban parcialmente los cálculos del **BE**, sin permitir un trabajo dinámico o eficiente, porque todos los datos debían ser capturados manualmente y cada persona debía escoger o programar la hoja de cálculo para el arreglo específico de la **CG**, adicionalmente los criterios eran definidos por la interpretación de cada programador con lo que se perdía completamente la homogeneidad.

A principios del año 1999, se genera un programa computacional dentro del Sistema de Informe Mensual de Operación (**SIMO**) versión 4.0, usado por casi todas las **CG's** del país, pero aún siendo muy útil, presentaba problemas muy serios de tiempo de ejecución, porque una computadora con un procesador de 350MHz tardaba varios minutos en ejecutarlo dependiendo de la complejidad del arreglo eléctrico de la central procesada, además existían varios arreglos eléctricos que el modelo no soportaba y resultaba sumamente complicado de modificar o corregir porque la lógica usada en su programación resultó demasiado compleja.

Para finales de 1999, es terminada la versión 4.2 del **SIMO**, en que es diseñado el modelo matemático expuesto en este trabajo, con el que fué posible implementar una solución que cubre las características mencionadas, siendo usado en el ámbito nacional dentro de ese sistema, y adicionalmente en otros sistemas, como por ejemplo los dedicados a la operación del mercado de energía, que requiere del cálculo del **BE** en tiempo real en computadoras industriales, que obtienen la información de una cadena de medidores de energía de la **CG** de manera automática y con un programa basado en este algoritmo calcula los datos del **BE**, para ser consultados desde cualquier punto de la red interna (Intranet) de **CFE**, mediante sofisticados sistemas de telecomunicaciones.

Pocos son los problemas que aún no son resueltos por el algoritmo cuyo programa computacional quedó implementado en la versión 4.2 del **SIMO**, sin embargo son explicados y solucionados en este documento, por ejemplo la entrega simultánea de energía, al área de Transmisión por el bus de entrega y al área de Distribución por medio del bus de servicios propios de la central.

1. Definiciones

El objetivo de este capítulo es introducir algunos conceptos técnicos, definir simbologías y establecer un marco de referencia detallado para facilitar el entendimiento de los modelos, diagramas y métodos usados en el desarrollo del algoritmo, enfatizando la obtención de la información fuente, que nos brinda tanto del análisis del diagrama unifilar como los datos que podemos obtener de los medidores conectados a un punto de medición. Es necesario conocer por completo la simbología expuesta en este capítulo y la definición de cada uno de los términos contenidos en él, sobre todo con relación a las variables medidas, para ello se anexa una tabla con un resumen de la simbología y su definición, así como varios diagramas unifilares.

1.1. Análisis del Diagrama Unifilar

No es necesario conocer detalladamente los diagramas unifilares de las centrales para realizar el cálculo del BE, porque la información relevante se puede resumir en un diagrama unifilar simplificado, que nos muestre los dos elementos que nos interesan: el primero es el arreglo eléctrico, que nos proporciona información acerca de los posibles flujos de energía (en el diagrama está representado por las líneas negras) y el segundo son los puntos de medición, donde es censada la cantidad de energía que fluyó por esos puntos del arreglo eléctrico mediante multimedidores (simbolizados con círculos rojos), como ejemplo tenemos el diagrama unifilar completo de la Central Hidroeléctrica Colina:

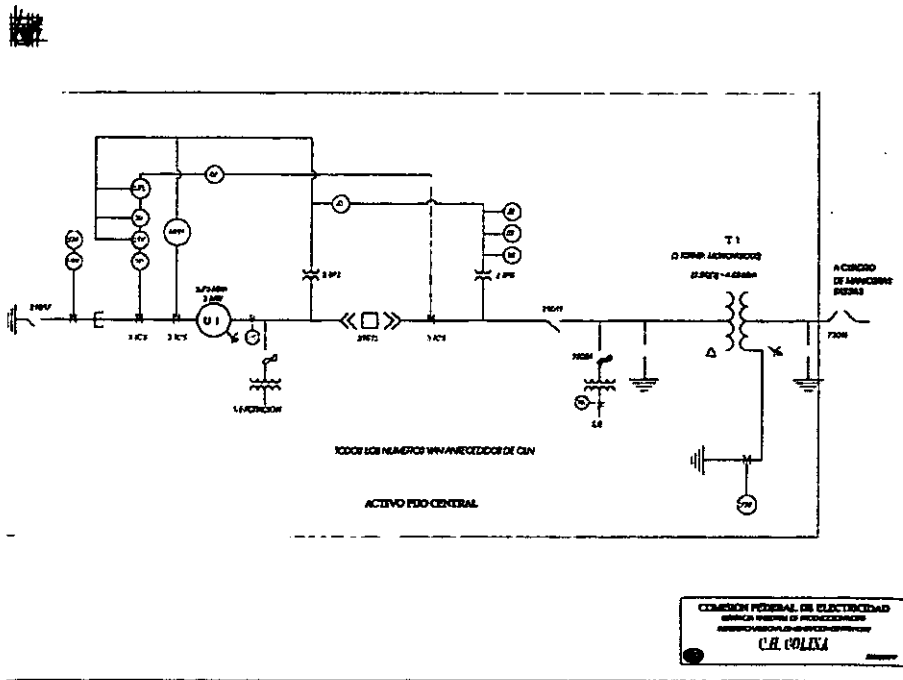


Figura 1.1.1: Diagrama Unifilar de la Central Hidroeléctrica Colina.

El diagrama unifilar simplificado de esta central, que únicamente toma en cuenta los dos elementos mencionados es:

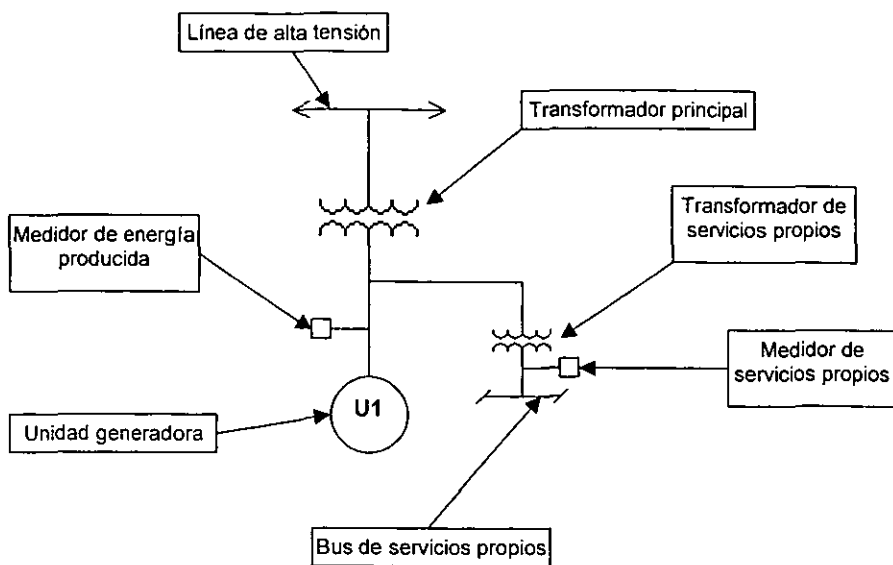


Figura 1.1.2: Diagrama unifilar simplificado de la Central Hidroeléctrica Colina, con el detalle descriptivo de la simbología empleada.

En este diagrama unifilar simplificado se pueden ver tanto el arreglo eléctrico como los puntos de medición, al simplificar un diagrama unifilar se usará siempre la orientación mostrada, con la salida del generador hacia arriba, representado con un círculo, con el lado de baja tensión de todos los transformadores en la parte inferior, los multimedidores se representarán con un cuadro y la línea de alta tensión, que representa la línea de transmisión a la que la central entrega la energía estará siempre en la parte superior.

Adicionalmente se muestran los nombres de cada uno de los elementos que componen el diagrama, esto para fines de visualización y fácil comprensión, aunque en el resto del trabajo se usarán solo las nomenclaturas que se consideren necesarias en cada caso.

La información más importante que obtenemos del diagrama unifilar es la forma en que están interconectados los diferentes elementos de la central, y por lo tanto la forma en que cada uno de estos elementos consume o aporta energía a otro. Por eso es necesaria la interpretación del diagrama para el cálculo del balance, porque el BE de una CG es precisamente un cálculo que nos arroja como resultado la cantidad de energía que entró, fue consumida, salió y se perdió en la central.

En el siguiente diagrama se muestran los posibles flujos de energía mediante flechas, que prácticamente en todos los casos son bidireccionales, esto quiere decir que la energía puede ser consumida o aportada desde o hacia cualquier punto del arreglo, con excepción de la rama que alimenta al transformador de servicios propios de la CG, donde el flujo es únicamente hacia equipos que consumen energía, por eso la flecha que indica el flujo de energía es unidireccional y su sentido es hacia el punto donde esta se consume.

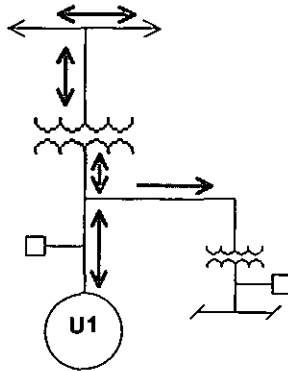


Figura 1.1.3: Diagrama unifilar simplificado de la Central Hidroeléctrica Colina, que muestra los posibles flujos de energía.

La rama que sale del generador es bidireccional, el flujo de salida es muy fácil de entender, porque en este caso el principal aporte de energía en una CG es cada Unidad Generadora (U), es decir la energía eléctrica se genera en ese elemento. El flujo de entrada se muestra en el diagrama debido a que uno de los modos de operación de las máquinas síncronas, usado generalmente en centrales hidroeléctricas, es la operación como **condensador síncrono**, que permite corregir el factor de potencia en el sistema interconectado, pero que requiere de energía para sobrecargar los devanados del generador eléctrico, llamada también energía para operar como condensador síncrono.

En los lados de baja y alta tensión del transformador principal (TP) también llamados entrada y salida del TP respectivamente, existe un flujo bidireccional, de nuevo el flujo hacia arriba es el natural, porque cuando la U opera como generador la energía producida pasa a través del TP con ese sentido, sin embargo cuando la central está fuera de servicio o cuando opera como

condensador síncrono, el flujo de la energía es en la dirección contraria, para alimentar el bus de servicios propios, y en su caso para abastecer la energía para operar como condensador síncrono.

En la línea de alta tensión se muestra un flujo bidireccional que nos indica que la central está conectada a la red, y que la energía entregada a esta línea es la energía que la central aporta al sistema interconectado. En el resto del trabajo se emplearán diagramas unifilares de distintas centrales y se obtendrán sus diagramas unifilares simplificados como primer paso del análisis del cálculo del balance para una central específica.

1.2. Puntos de Medición de Energía

Existen diversos puntos en los que puede ser medida la energía (normalmente en kWh) en un arreglo eléctrico, dependiendo de su ubicación en el arreglo se les asigna una clave de medidor, con la que podremos estandarizar la manera en que nos referiremos a cada medidor.

Para ejemplificarlo recordaremos el diagrama unifilar simplificado de la C.H. Colina:

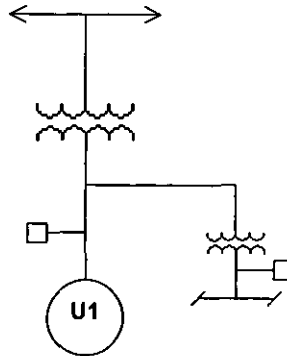


Figura 1.2.1: Diagrama unifilar simplificado de la Central Hidroeléctrica Colina.

El medidor que está en la salida de la U1 censa la energía producida por el generador eléctrico de esa U y es llamado medidor de energía producida por unidad (Epu). El otro medidor censa la energía consumida en el bus de servicios propios y es llamado medidor a la salida del transformador de servicios propios (EcATSP).

Como puede verse estos dos medidores censan energía en diferentes puntos del arreglo eléctrico, y para diferenciarlos es necesario asociarlos a una clave de ubicación diferente. Las claves de ubicación que están definidas por la Subdirección de Generación se muestran en la tabla 2.2.1.

Clave	Descripción	Tipo de medidor	Alta/Baja Tensión
01	Medidor a la salida del generador eléctrico	Epu	B
02	Medidor a la entrada del transformador principal	EeTP	B
03	Medidor a la salida del transformador principal	EsTP	A
04	Med. Salida trans. ppal. que recibe de varias unid.	EsTP	A
05	Medidor a la entrada transformador de excitación	EcATE	A
06	Medidor a la salida transformador de excitación	EcATE	B
07	Medidor a la entrada de trans. Serv. Propios no.1	EcATSP	A
08	Medidor a la salida de trans. Serv. Propios no.1	EcATSP	B
09	Medidor a la entrada de trans. Serv. Propios no.2	EcATSP	A
10	Medidor a la salida de trans. Serv. Propios no.2	EcATSP	B
11	Med. En devanado "x" sal.de trans.serv.prop.no.1	EcATSP	B
12	Med. En devanado "y" sal.de trans.serv.prop.no.1	EcATSP	B
13	Medidor a la entrada del transf. De arranque	EcATAR	A
14	Medidor a la salida del transformador de arranque	EcATAR	B
15	Med. En devanado "x" a la sal.de trans.de arranque	EcATAR	B
16	Med. En devanado "y" a la sal.de trans.de arranque	EcATAR	B
17	Medidor a la entrada del transformador auxiliar	EcATA	A
18	Medidor a la salida del transformador auxiliar	EcATA	B
19	Med. En devanado "x" a la sal.de trans. Auxiliar	EcATA	B
20	Med. En devanado "y" a la sal.de trans. Auxiliar	EcATA	B
21	Med. Entrada trans.de consumo ener.como cond.sinc.	EaCS	A
22	Med. Salida trans.de consumo ener.como cond.sinc.	EaCS	B
23	Medidor de energía react.como cond.sinc.entrando	ErCCSE	-
24	Medidor de energía react.como cond.sinc.saliendo	ErCCSS	-
25	Medidor en línea no.1 de alta tensión de central	EE	A
26	Medidor en línea no.2 de alta tensión de central	EE	A
27	Medidor en línea no.3 de alta tensión de central	EE	A
28	Med. De energía recibida de circ.ext.distr. No.1	EcRDT2	-
29	Med. De energía recibida de circ.ext.trans. No.1	EcRTT2	-
30	Med.energía entregada circ.int.a otro proceso no.1	EaGTD3	-
31	Med.energía recibida de distr.uso ext.central no.1	EcRDSD	-
32	Med.energía recibida de distr.uso ext.central no.2	EcRDSD	-
33	Med.energía recibida de distr.uso ext.central no.3	EcRDSD	-
34	Med. De energía recibida de circ.ext.distr. No.2	EcRDT2	-
35	Med. De energía recibida de circ.ext.distr. No.3	EcRDT2	-
36	Med. De energía recibida de circ.ext.trans. No.2	EcRTT2	-
37	Med. De energía recibida de circ.ext.trans. No.3	EcRTT2	-
38	Med. energía entregada circ.int.a otro proceso no.2	EaGTD3	-
39	Med. energía entregada circ.int.a otro proceso no.3	EaGTD3	-
40	Medidor en línea no.4 de alta tensión de central	EE	A
41	Medidor en línea no.5 de alta tensión de central	EE	A
42	Medidor en línea no.6 de alta tensión de central	EE	A
43	Medidor en línea no.7 de alta tensión de central	EE	A
44	Medidor en línea no.8 de alta tensión de central	EE	A
45	Medidor en línea no.9 de alta tensión de central	EE	A
46	Medidor de energía recibida en línea no.1 de a.t.	ER	A
47	Medidor de energía recibida en línea no.2 de a.t.	ER	A
48	Medidor de energía recibida en línea no.3 de a.t.	ER	A
49	Medidor de energía recibida en línea no.4 de a.t.	ER	A
50	Medidor de energía recibida en línea no.5 de a.t.	ER	A
51	Medidor de energía recibida en línea no.6 de a.t.	ER	A
52	Medidor de energía recibida en línea no.7 de a.t.	ER	A
53	Medidor de energía recibida en línea no.8 de a.t.	ER	A
54	Medidor de energía recibida en línea no.9 de a.t.	ER	A

Tabla 1.2.1: Claves de ubicación de medidores.
Fuente: Base de datos del SIMO.

Para mostrar un ejemplo de cómo asignar una clave de ubicación a un medidor, analizaremos el diagrama unifilar de la Central Turbo Gas (C.T.G.) La Laguna:

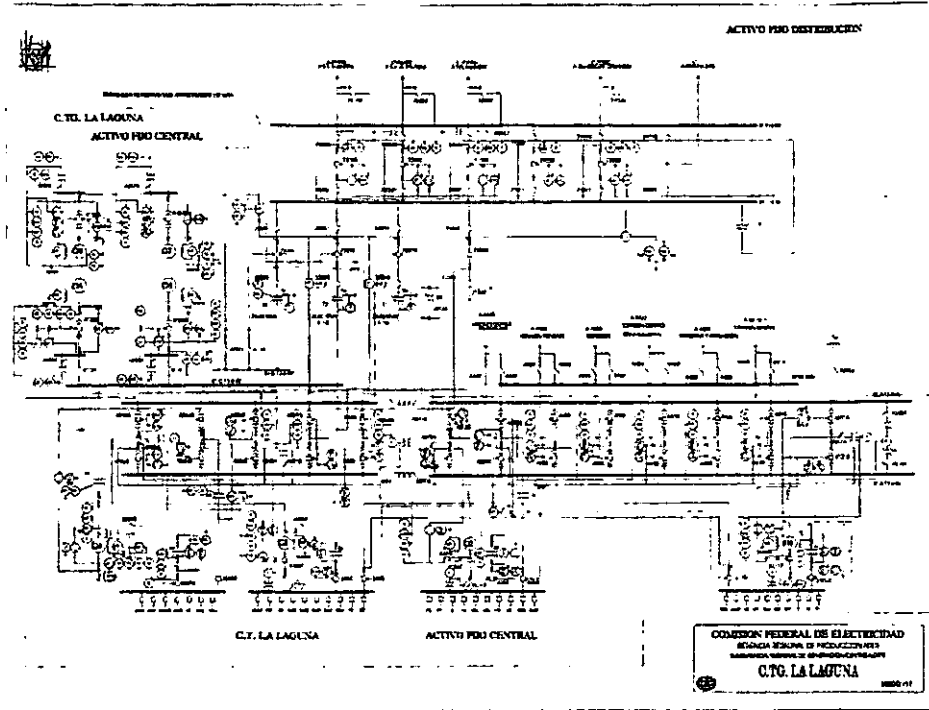


Figura 1.2.2: Diagrama unifilar de las Centrales Termoelectrica y Turbo Gas La Laguna.

Se trata de dos centrales diferentes, para el caso de la C.T.G. La Laguna el diagrama unifilar simplificado es el siguiente:

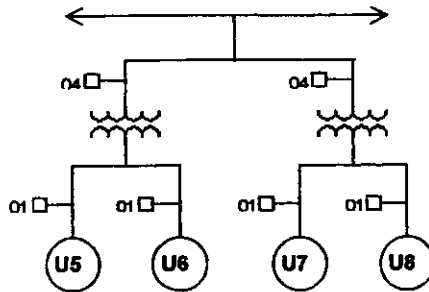


Figura 1.2.3: Diagrama unifilar simplificado de la Central Turbo Gas La Laguna.

Hay seis medidores en el arreglo, sin embargo a cuatro de ellos se les asignó la clave de ubicación 01, por tratarse de medidores de energía producida, en general, salvo casos muy especiales, todas las U's del país cuentan con medición de Epu, de tal manera que este algoritmo da por hecho que existe ese medidor para cada U. Los otros dos medidores se encuentran ubicados en las salidas de los TP's, en este caso los dos TP's reciben energía de dos U's, por eso les corresponde la clave de ubicación 04.

Para ejemplificar con más detalle el catálogo de claves de ubicación se plantea el siguiente arreglo:

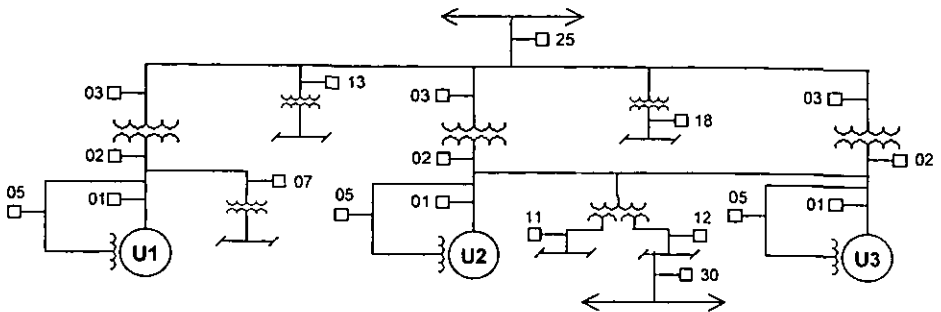


Figura 1.2.4: Diagrama unifilar para ejemplificar diferentes claves de ubicación de medidores.

En este diagrama unifilar podemos ver la representación de más medidores y sus respectivas ubicaciones, por ejemplo los medidores a la entrada del transformador principal (EeTP), cuya clave de ubicación es 02, tenemos un transformador de arranque con medición en el lado de alta tensión (EcATAR) con clave 13, un transformador auxiliar con medición en el lado de baja tensión (EcATA) con clave 18, un transformador de servicios propios de dos piernas (dos devanados secundarios en baja tensión) (EcATSP) cuyos medidores del devanado X y Y tienen clave 11 y 12 respectivamente, un medidor a la salida de cada uno de los TP's (EsTP) con clave 03, un medidor de energía entregada en línea de alta tensión (EE) con clave 25, medidores en los transformadores de excitación (EcATE) con clave 05 y un medidor de energía entregada a otro proceso a través del circuito interno de la central (EaGTD3), normalmente este medidor censa energía que la central entrega a distribución en el lado de baja tensión de alguno de los transformadores de servicios propios, pero debe ser tomada como energía que la central aporta al sistema.

Es poco común que una central tenga medidores en todos los puntos de su arreglo eléctrico, esta limitación provoca que toda esa energía que no es medida deba ser considerada como pérdidas, sin embargo los puntos de medición que en una central son considerados como relevantes, regularmente tienen un medidor disponible.

Todos los medidores de cada central pueden ser identificados con una clave de identificación única e irrepetible, llamada clave del medidor, que consta de 14 caracteres de los cuales el primero de izquierda a derecha es una "C", que indica que el medidor pertenece a una central generadora, los tres siguientes son la clave nemotécnica del área de control a la que pertenece la central generadora, otros tres caracteres son para la clave nemotécnica con la que la central está registrada en el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), enseguida se usan 5 caracteres para el número de unidad al que pertenece el medidor (se usan 5 caracteres para el número de la unidad en el entendido de que sólo los dos últimos alcanzan para reconocerlo, pues ninguna central tiene 100 o más unidades, sin embargo los tres dígitos no usados por el proceso de generación, son requeridos por los procesos de distribución y transmisión para identificar sus medidores), los últimos dos caracteres son usados para la clave de ubicación del medidor, por ejemplo:

CCELTUL0000101 – Es un medidor de Epu de la U1 de la Central Termoeléctrica Francisco Pérez Ríos de Tula, Hidalgo. Perteneciente al Área de Control Central.

El siguiente diagrama unifilar pertenece a la C.G. Peñitas, y muestra las claves de cada uno de los medidores:

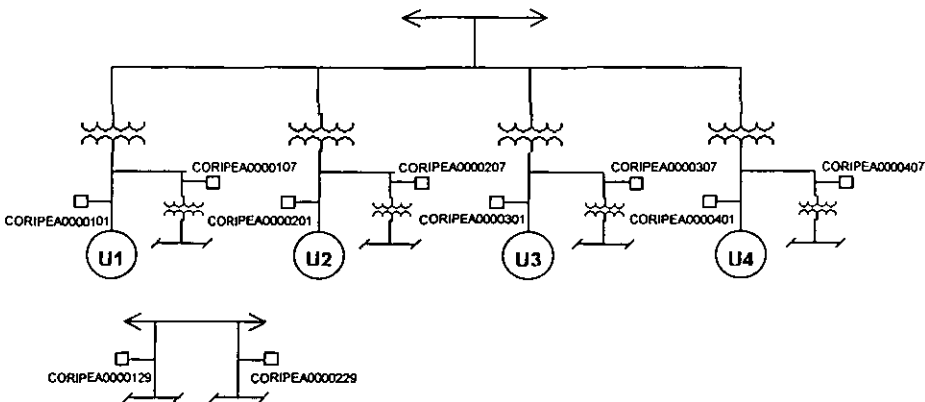


Figura 1.2.5: Diagrama unifilar de la Central Generadora Peñitas, con las claves de medidor correspondientes.

Los puntos de medición poseen características que describen la forma en que la energía que censan es abastecida o consumida, para poder determinar con exactitud la forma en que debe ser considerada esa medición en el cálculo del balance, interpretando con dichas características los flujos posibles de energía dentro del arreglo eléctrico de la CG. Estas características son:

Clave de flujo: Es la clave del proceso al cuál está relacionado predominantemente el medidor, en una central que entrega energía al proceso de transmisión la clave de flujo es T, en caso de entregar a distribución su clave de flujo es D, deben ser previstos también otros casos como la entrega a procesos de distribución o transmisión de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro o la entrega a industrias particulares, por ello la clave de flujo debe ser un parámetro muy flexible dentro del algoritmo de cálculo.

Los medidores que censan energía consumida tienen la misma clave de flujo que el proceso que les entrega energía, por eso casi todas las centrales tienen solo una clave de flujo.

Existen casos especiales de medidores que censan energía que se entrega a otro proceso en baja tensión a través del circuito interno de la central (normalmente en un bus de servicios propios), los de tipo **EaGTD3**, cuya clave de ubicación puede ser 30, 38 o 39. La clave de flujo de estos medidores debe corresponder a la clave del proceso al cual se le entrega la energía que censan y puede ser o no igual a la clave de flujo del proceso al que se entrega energía en alta tensión.

Otros medidores sólo pueden tener una clave de flujo debido al concepto básico del punto de medición de energía al que pertenecen, por ejemplo los de tipo **EcRDSD** o **EcRDT2** que siempre reciben energía de distribución y **EcRTT2** que solo recibe de transmisión.

Unidades Relacionadas: Son las U's que pueden abastecer o consumir directamente la energía que censa un medidor. Los medidores de energía producida (**Epu**) sólo pueden estar relacionados con una U, porque su medición corresponde siempre a la energía producida por esa U. Otros medidores pueden ser abastecidos por varias U's, como por ejemplo los que miden los servicios propios (**EcATSP**) en buses compartidos para dos o más U's. En el siguiente diagrama se muestran las unidades relacionadas para cada uno de los medidores.

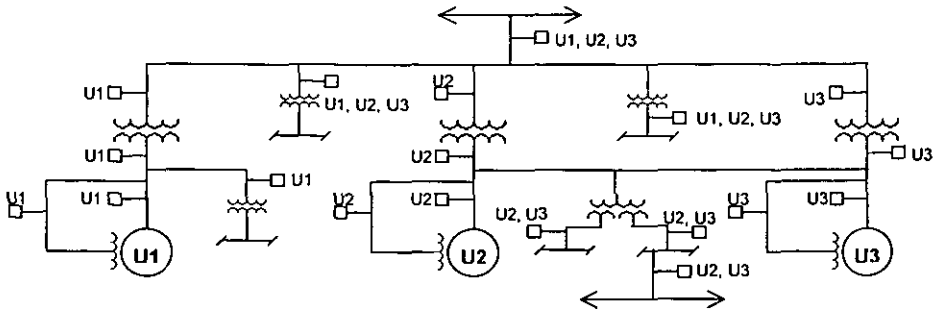


Figura 1.2.6: Diagrama unifilar para ejemplificar las unidades relacionadas a los diferentes medidores.

En el diagrama se observa que los medidores que censan la energía que la U produce y entrega (E_{pu} , E_{eTP} , E_{sTP}), sólo están relacionados con la U a la que pertenecen, la única excepción a esta regla es el medidor de E_{sTP} con clave de ubicación 04, que por concepto pertenece a varias U 's, como pudo verse en ejemplos anteriores.

En general los demás medidores pueden tener cualquier número de unidades relacionadas y es muy importante definir las correctamente, de ello depende la correcta aplicación del algoritmo, por ejemplo en el mismo diagrama si el medidor de servicios propios de la $U1$ tuviera relacionadas a las U 's 2 y 3, estaríamos definiendo una conexión en baja tensión entre el bus de servicios propios de las U 's 2 y 3 y el bus de servicios propios de la $U1$. Cabe señalar que la energía que censa el medidor de servicios propios de la $U1$ pudo ser generada por las U 's 2 y 3, sin embargo para poder alimentar este medidor la energía pasó primero por la etapa de elevación de tensión (en los TP 's) para llegar al bus principal y luego por la etapa de reducción (en el TP de la $U1$).

Recordemos el concepto inicial de unidades relacionadas: "Son las unidades que pueden abastecer o consumir directamente la energía que censa un medidor", la palabra directamente se refiere a que la energía no debió pasar por una etapa de elevación y otra de reducción de tensión, adicional a la que corresponda al transformador de la medición.

Para aclarar este último concepto mencionaremos al medidor del transformador auxiliar mostrado en el mismo diagrama, la energía que las U 's le abastecen debe pasar por la elevación de tensión en el TP y luego a través de la reducción en el propio transformador auxiliar, sin embargo esta medición se "refleja" hacia su lado de alta tensión mediante la aplicación de un porcentaje de pérdidas, que nos indica cuánta energía habría censado ese medidor si estuviera conectado en el lado de alta tensión del transformador auxiliar, por lo tanto todas las U 's serán relacionadas a este medidor.

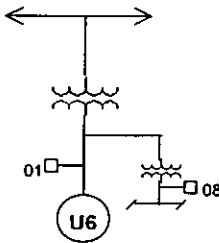
Porcentaje de Pérdidas: Tiene dos usos diferentes: el primero es en los medidores de E_{pu} y E_{eTP} , en ellos significa las pérdidas (aproximadas) en el TP, si ambos medidores tienen un porcentaje de pérdidas se usará el del E_{eTP} . El segundo uso es para los medidores que se encuentran en el lado de baja de los transformadores, en este caso indica que la energía censada por este medidor debe ser corregida para "reflejar" la lectura al lado de alta del transformador, ambos usos se tratan con más detalle en la sección 2.2.

1.3. Arreglos Típicos y Atípicos

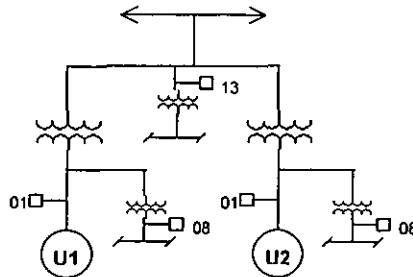
La cantidad de arreglos eléctricos posibles combinado con la cantidad de puntos de medición existentes, nos arroja un número de variantes prácticamente ilimitada, debe tomarse en cuenta por ejemplo el número de unidades que exista en la central, por otro lado la complejidad en su arreglo eléctrico, que puede tener varios transformadores de servicios propios por cada unidad y por último la cantidad de medidores conectados, todo esto complica la aplicación de un algoritmo genérico, que como se puede ver debe ser bastante flexible. No obstante lo anterior, podemos contar con casos típicos, que son arreglos eléctricos muy similares entre sí y cuyos medidores tienen la misma ubicación, aunque puedan contar con un número de unidades diferente, estos arreglos típicos pueden ser aplicados para varias centrales. Existen también arreglos atípicos, y corresponden a centrales cuya configuración eléctrica es poco común y que escasas centrales tienen arreglos similares.

Algunos ejemplos de arreglos típicos son:

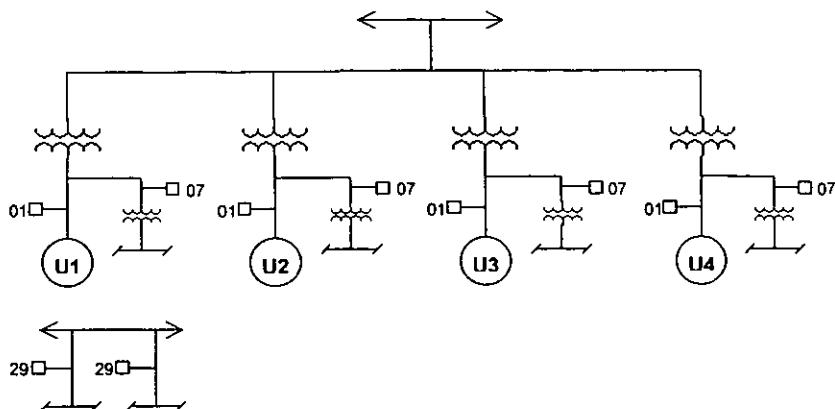
a) C.T.G. Huinalá



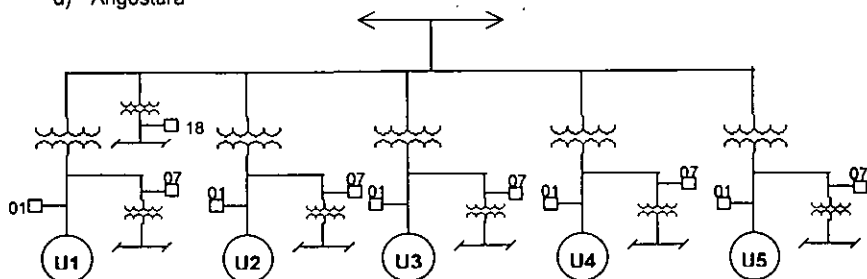
b) Nachicom



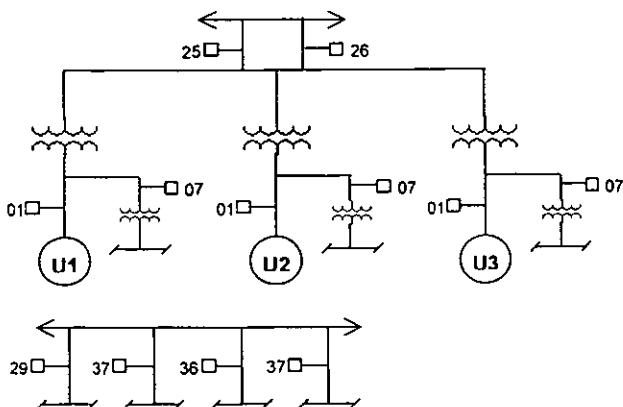
c) Peñitas



d) Angostura

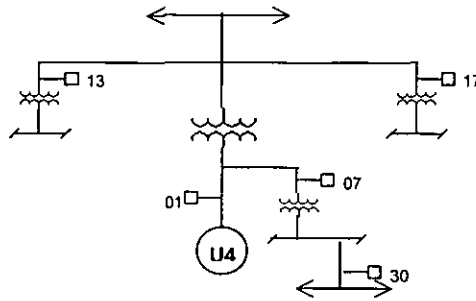


e) Aguamilpa

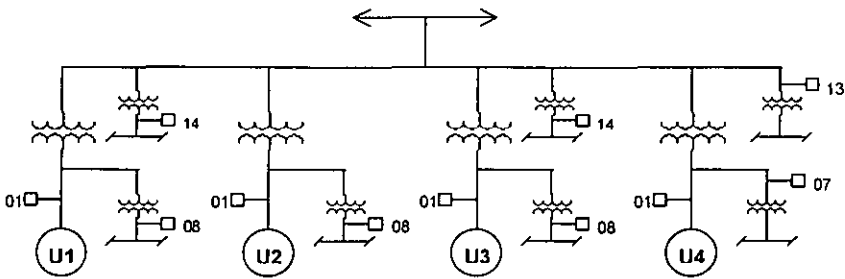


Algunos ejemplos de arreglos atípicos son:

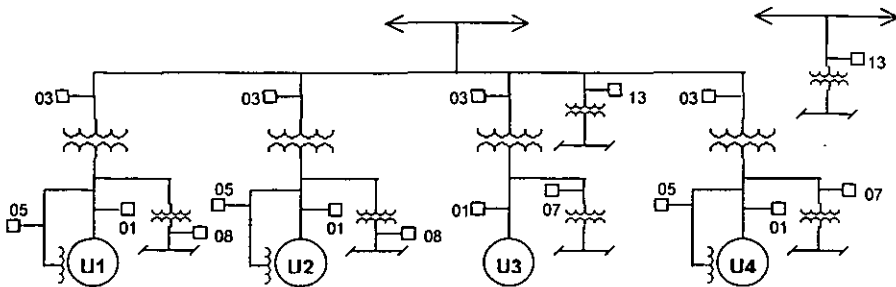
a) C.T. La Laguna



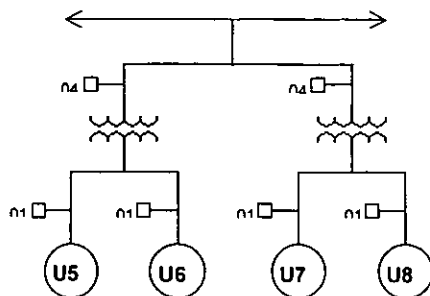
b) Valle de México



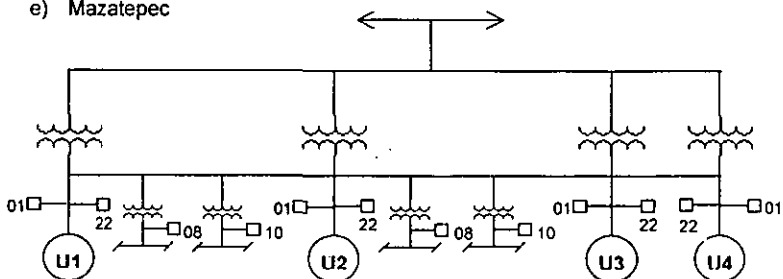
c) Salamanca



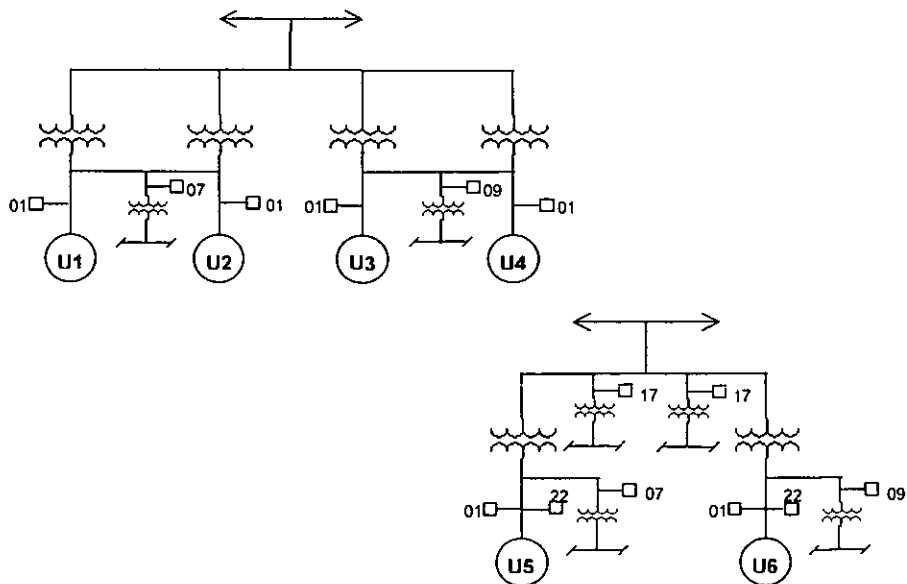
d) C.T.G. La Laguna



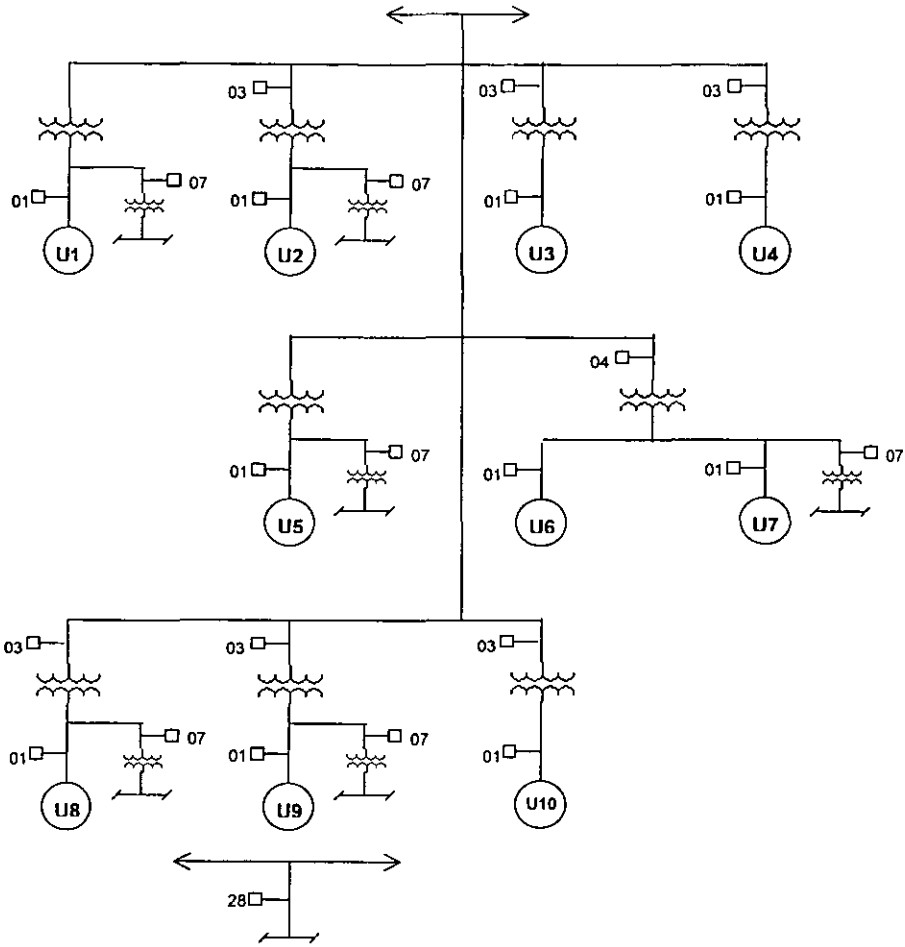
e) Mazatepec



f) Temascal



g) Samalayuca



2. Cálculo del Balance de Energía

Este capítulo tiene como objetivo definir los conceptos relacionados con el proceso de cálculo del BE, las variables que se van a obtener, cual es su utilidad, las condiciones operativas que el algoritmo debe prever tanto en arreglos típicos como atípicos, simbología usada para las variables calculadas, la forma en que se prorratea la energía consumida para inferir cuánta energía consumida autoabastecida fue alimentada por cada una de las unidades generadoras. Todo esto nos facilitará el entendimiento de los modelos y métodos usados en el desarrollo del algoritmo tal como en el capítulo anterior, pero en este caso el énfasis está puesto en el proceso de cálculo y en las variables que serán calculadas con el algoritmo. Planteando una analogía con el análisis de un sistema podemos decir que el capítulo anterior define las entradas y este capítulo introduce brevemente una descripción del proceso y define las salidas. Una vez más el diagrama unifilar simplificado es una herramienta muy útil, que nos permitirá conocer la naturaleza del proceso de cálculo y los significados de los resultados que serán obtenidos.

2.1 Balance de Energía

Para ilustrar la manera general en se calcula el BE podemos referirnos al siguiente esquema:



Figura 2.1.1: Representación general del flujo de la energía eléctrica en un sistema.

Según el procedimiento MED 7001 el balance de energía se obtiene al encontrar el valor de cuatro variables que describen las condiciones operativas de la CG, siendo la variable más importante la energía que la CG entrega a cualquiera que sea el proceso asociado (Transmisión o Distribución). El siguiente diagrama nos muestra esto:

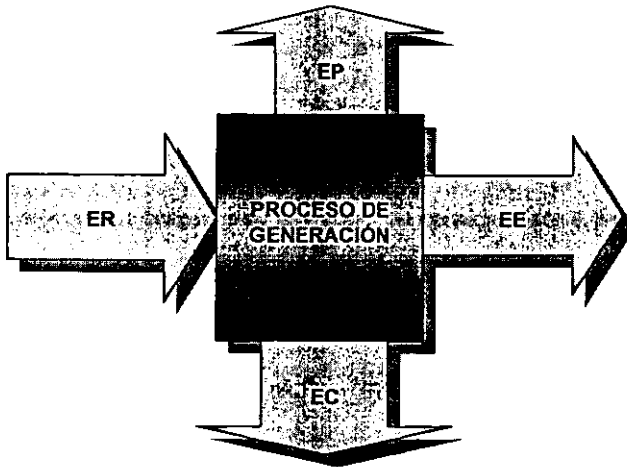


Figura 2.1.2: Esquema representativo de las variables que describen el comportamiento operativo de la central.

La energía que entra al sistema es llamada ER (Energía Recibida), y es conformada por:

Variable	Descripción
Ep	Energía producida por las unidades generadoras
GRT	Energía que Generación Recibe de Transmisión
GRD	Energía que Generación Recibe de Distribución

Se tiene:

$$ER = Ep + GRT + GRD$$

La energía que sale del sistema se divide en EC (Energía Consumida), EE (Energía Entregada) y EP (Energía Perdida) y se conforman de la siguiente manera:

Variable	Descripción
ECA1	Energía consumida autoabastecida por las unidades generadoras, excepto la energía perdida en los transformadores principales
ECRT	Energía consumida recibida de Transmisión
ECRD	Energía consumida recibida de Distribución
GET	Energía entregada por Generación a Transmisión
GED	Energía entregada por Generación a Distribución

Se tienen las ecuaciones:

$$EC = ECA1 + ECRT + ECRD$$

$$EE = GET + GED$$

La energía perdida en una central generadora que tiene un valor realmente significativo es la que se pierde en los transformadores principales.

La ecuación de balance de energía es la siguiente:

$$ER - EC - EP - EE = 0$$

Como la variable que nos interesa conocer es la energía entregada se puede despejar:

$$EE = ER - EC - EP$$

Sustituyendo los valores de cada una de las variables del lado derecho de la ecuación se tiene:

$$EE = Ep + GRT + GRD - (ECA1 + ECRT + ECRD) - EP$$

Si tomamos en cuenta que toda la energía que generación recibe de Transmisión y Distribución es numéricamente igual a la energía consumida recibida de Transmisión y distribución, es decir:

$$GRT = ECRT$$

$$GRD = ECRD$$

La ecuación queda:

$$EE = Ep - ECA1 - EP$$

Como actualmente las pérdidas en los transformadores principales se consideran una parte de la energía consumida autoabastecida se tiene:

$$ECA = ECA1 - EP$$

Donde ECA es la energía consumida autoabastecida incluyendo las pérdidas en los transformadores principales, y por lo tanto la ecuación y diagrama simplificados quedan:

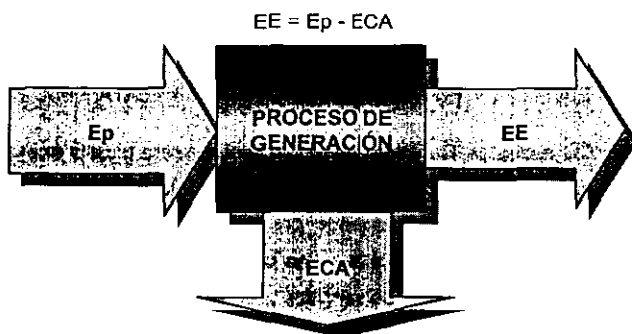


Figura 2.1.3: Esquema representativo de las variables generales que intervienen en el cálculo.

Para que el balance de energía sea calculado para cada unidad es necesario expresar la última ecuación a nivel unidad generadora, obteniendo dos ventajas fundamentales: la primera es que se obtiene mayor detalle en la información de los flujos de energía, la segunda es que si el balance de energía para cada U se cumple, entonces también se cumplirá el balance para toda la CG. La ecuación de balance de energía, expresada con las variables descritas en este capítulo son:

$$Eeu = Epu - EcAu$$

$$EcAu = EcATSP + EcATE + EcATP + EcATAR + EcATA + EaCS + EAOU$$

Sustituyendo la segunda ecuación en la primera queda:

$$Eeu = Epu - (EcATSP + EcATE + EcATP + EcATAR + EcATA + EaCS + EAOU)$$

En este caso la única forma que existe para evaluar las pérdidas en el transformador principal es usando un porcentaje de pérdidas.

De existir medición a la salida del transformador principal, la ecuación anterior queda:

$$Eeu = EsTP - (EcATAR + EcATA + EaCS + EAOU)$$

Siendo definidas las pérdidas por la siguiente ecuación:

$$EcATP = Epu - (EcATSP + EcATE) - EsTP$$

De existir medición en el punto de entrega, entonces la energía entregada es evaluada por medio de la energía censada en ese punto, y las pérdidas se calculan con esta ecuación:

$$EcATP = Epu - (EcATSP + EcATE) - (Eeu + EcATAR + EcATA + EaCS + EAOU)$$

Es decir:

$$EcATP = Epu - Eeu - (EcATSP + EcATE + EcATAR + EcATA + EaCS + EAOU)$$

La energía que la CG recibe de Transmisión y/o Distribución será toda la energía consumida que no pudo ser abastecida con la Epu de sus unidades, por lo tanto no es necesario plantear muchas ecuaciones para definirla, no conformaremos por lo pronto con mencionar que la energía consumida censada tiene que ser igual a la suma de la energía consumida autoabastecida y la recibida, por ejemplo en el caso del bus de servicios propios:

$$EcATSP \text{ medida} = EcATSP \text{ calculada} + EcRTSP \quad (\text{para Transmisión})$$

$$EcATSP \text{ medida} = EcATSP \text{ calculada} + EcRDSP \quad (\text{para Distribución})$$

Todas estas ecuaciones garantizan que el balance de energía se cumple tanto para cada unidad por separado, como para toda la central. Con estas ecuaciones es posible plantear ejemplos específicos del cálculo de balance de energía, usando en diferentes arreglos eléctricos y condiciones operativos en ejemplos prácticos, para posteriormente plantear el algoritmo que resuelva el problema de manera genérica, realizando primero el estudio de la configuración eléctrica y después realizando los cálculos adecuados.

Para particularizar el esquema de BE para una CG podemos definir las entradas y salidas de energía bajo dos condiciones generales de operación con la CG "adentro" (generando) y "fuera" (sin generar).

Cuando una CG se encuentra en servicio, cada U aporta la energía eléctrica que genera al sistema, a esta energía se le llama *Energía Producida por Unidad (Epu)*. La energía que sale de la CG y llega al bus de Transmisión o Distribución se denomina *Energía Entregada (EE)* y será la sumatoria de la *Energía Entregada por Unidad (Eeu)* de todas las U's. En la propia CG se consume cierta parte de la energía generada antes de entregarla, para iluminación, bombas, compresores, equipos de medición, cómputo y comunicaciones, entre otros, a esa energía se le llama *Energía Consumida Autoabastecida por Unidad (EcAu)*. Por último existe una *Energía Perdida en el Transformador Principal (EcATP)* que aunque es suministrada por las U's y por tanto considerada como parte de la EcAu se debe mencionar aparte, porque representa las pérdidas en el sistema. El esquema para una CG que se encuentra en servicio es el que sigue:

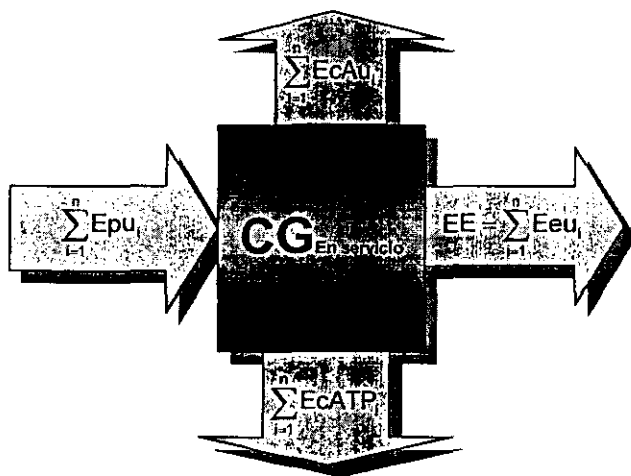


Figura 2.1.4: Entradas y salidas de energía con la CG en servicio ("n" es el número de U's, e "i" es un número secuencial que se le asigna a cada una).

Es evidente que si el BE se cumple para cada U por sí sola, también se cumplirá para toda la central, y es desde ese enfoque que se enfrenta el problema, calculando el BE para cada unidad por separado y finalmente sumando los resultados, esto facilita los cálculos y se cumple con los criterios de CFE, establecidos en el procedimiento MED-7001.

Cuando una CG está fuera de servicio, cada U consume energía eléctrica que entra al sistema desde el bus de Transmisión o Distribución, a esta energía se le llama *Energía Recibida (ER)*. La ER es consumida dentro de la CG para alimentar los equipos que sean necesarios ya sea para monitoreo, mantenimiento o incluso el arranque de alguna U, a esa energía se le llama *Energía Consumida Recibida por Unidad (EcRu)*. Por último existe una *Energía Recibida Perdida en el Transformador Principal (EcRTTP para energía recibida de Transmisión y EcRDTP de Distribución)* que aunque es recibida desde Transmisión ó Distribución para las U's y por tanto considerada como parte de la EcRu se debe mencionar aparte, porque representa las pérdidas en el sistema. El esquema para una CG fuera de servicio es el que sigue:

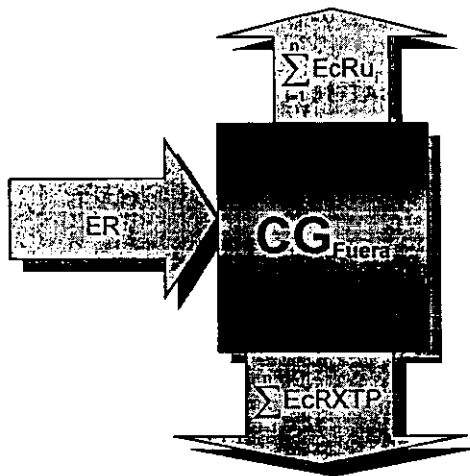


Figura 2.1.5: Entradas y salidas de energía con la CG fuera (se muestra el esquema con EcRXTP, la X representa T ó D dependiendo si la U es alimentada por Transmisión o Distribución respectivamente).

La suma de ambos esquemas representa el esquema global para una central y queda como sigue:

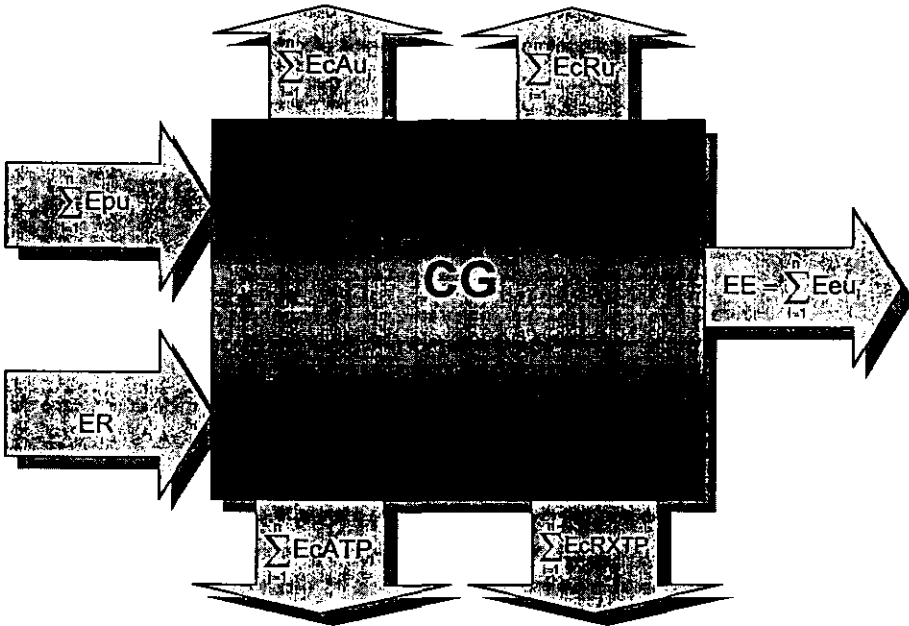


Figura 2.1.6: Entradas y salidas de energía de una CG ("n" es el número de U's, e "i" es un número secuencial que se le asigna a cada una).

Es con estas bases que se puede comprender el problema que el cálculo del BE implica, y la metodología que sigue este documento para lograrlo, sin embargo se deben establecer las limitaciones técnicas bajo las cuales el algoritmo debe usarse, una de ellas es la imposibilidad técnica de llevar a cabo los cálculos en tiempo real, debido a que los sistemas de comunicación no tienen la capacidad de llevarlos a cabo, aún mas, apelando al concepto de energía y tiempo real, no puede existir un balance de energía en tiempo real y de existir un balance en tiempo real, sería un balance de potencias y no de energía, porque para que exista generación o consumo de energía es necesario que transcurra un tiempo, en conclusión en algunos años podremos ver a los sistemas computacionales hablar de balance en tiempo real, y tendrán forzosamente que referirse a una diferencial de tiempo cero (la derivada de la energía con respecto al tiempo es la potencia).

Una de las limitaciones que enfrenta este algoritmo es precisamente que la integración de datos es horaria, bajo esta circunstancia algunos eventos que pueden ocurrir en periodos menores que una hora pueden ser no vistos por el algoritmo en ciertos arreglos eléctricos, por ejemplo si una central recibe energía del área de Transmisión durante los primeros quince minutos de una hora y genera energía durante el resto de la hora como sigue:



Figura 2.1.7: Esquema que representa los modos operativos que una central puede presentar en una hora.

Como puede verse al final de la hora el medidor de servicios propios (el que mide el consumo de la CG), censa 40MWh, no puede discriminar los 10MWh recibidos y los 30MWh autoabastecidos, puesto que mide el total de la energía consumida, durante la hora la central generó 80MWh, el algoritmo restará entonces la energía generada (80MWh) menos la energía consumida (40MWh), obteniendo así una energía entregada de 40 MWh. Sin embargo en la realidad la central entregó 50MWh (lo generado menos lo consumido en los últimos 45 minutos) y recibió 10MWh. Como puede verse la energía que recibió podría ser tomada como energía autoabastecida y no como recibida de otro proceso, porque la energía que genero fue la suficiente como para abastecer ese consumo en la hora. El lector familiarizado con el tema pensará de inmediato que no tiene mayor relevancia, porque la energía entregada en la hora calculada por el algoritmo es exactamente la resta de la energía entregada real de 50MWh menos la energía recibida de otro proceso de 10MWh. Sin embargo con muchos arreglos eléctricos esto no ocurre, y existe medición exacta que discrimina lo recibido de lo autoabastecido, con lo que este problema queda solucionado para esos arreglos. Aunque hay opiniones encontradas a este respecto, este algoritmo sigue siendo la mejor herramienta para el cálculo del BE.

2.2 Variables a Calcular

De la aplicación del algoritmo de cálculo del BE se obtiene el valor de una gran cantidad de variables y debe ser interpretado correctamente para que tenga sentido, la siguiente tabla muestra los nombres de las variables calculadas y una breve descripción.

Variable	Descripción
Epu	Energía producida por unidad
EcATSP	Energía consumida autoabastecida para el transformador de servicios propios
EcATE	Energía consumida autoabastecida para el transformador de excitación
EeTP	Energía a la entrada del transformador principal
EcATP	Pérdidas en el transformador principal
EsTP	Energía a la salida del transformador principal
EcATAR	Energía consumida autoabastecida para el transformador de arranque
EcATA	Energía consumida autoabastecida para el transformador auxiliar
EaCS	Energía autoabastecida para operar como condensador síncrono
EAOU	Energía autoabastecida para el arranque de otras unidades
Eeu	Energía entregada por unidad
EE	Energía entregada por la central
SPA	Servicios propios autoabastecidos
EcAu	Energía consumida autoabastecida por la unidad
SOBGEN	Sobregeneración
EcRTSP, EcRDSP	Energía consumida recibida de otro proceso para el transformador de servicios propios
EcRTTE, EcRDTE	Energía consumida recibida de otro proceso para el transformador de excitación
EcRTTA, EcRDTA	Energía consumida recibida de otro proceso para el transformador de auxiliar
EcRTAR, EcRDAR	Energía consumida recibida de otro proceso para el transformador de arranque
EcRDT2	Energía recibida de circuito externo de distribución
EcRTT2	Energía recibida de circuito externo de transmisión
EcRDSD	Energía recibida de distribución uso externo a la central
EaGTD3	Energía entregada a otro proceso a través del circuito interno
SPR	Servicios propios recibidos
EcRTCS, EcRDCS	Energía consumida recibida de otro proceso para operar como condensador síncrono
EcRTTP, EcRDTP	Energía recibida de otro proceso perdida en el transformador principal
EcRT, EcRD	Energía consumida por la unidad, recibida de otro proceso
EcRu	Energía consumida recibida por unidad
ER	Energía recibida por la central
EcCGSE	Energía reactiva entrando cuando opera como condensador síncrono
EERCS	Energía reactiva saliendo cuando opera como condensador síncrono

Tabla 2.2.1: Simbología y descripción de las variables calculadas.

Fuente: Base de datos del SIMO.

Cada una de estas variables tiene relacionada solo una unidad (a excepción de la variable EE y ER que están asociadas a toda la central, usando cero como número de unidad para indicar esto y así conservar la homogeneidad), también tienen relacionada una clave de flujo que indica el proceso ligado predominantemente al abasto o consumo de esa energía, tal como en el caso de las variables medidas. Para detallar el significado de todas estas variables y los criterios que se usan para su cálculo es necesario analizarlas por separado:

Epu: La energía producida por unidad es resultado de la medición. Todas las unidades generadoras tienen un medidor de este tipo, el algoritmo parte de este supuesto para realizar el cálculo del balance de energía y es indispensable que todas las unidades cuenten con un medidor de este tipo para aplicar el algoritmo. Esta situación se puede considerar como una limitación del mismo, porque es posible inferir la energía producida por cada unidad por medio de otras variables como por ejemplo la energía entregada por unidad (E_{eu}). Cabe señalar que el porcentaje de pérdidas del medidor de **Epu** sirve para calcular las pérdidas de energía en el transformador principal y no para reflejar la medición al lado de alta tensión de algún transformador como ocurre en la mayoría de los medidores, si el medidor de E_{eTP} de la misma unidad tiene un porcentaje de pérdidas asociado, el que se usará será el del medidor de **EeTP**.

EcATSP: La energía consumida autoabastecida para el transformador de servicios propios calculada representa cuanta energía fue suministrada por cada unidad para alimentar el bus de servicios propios de esa o cualquier otra unidad, en condiciones operativas normales la **EcATSP** calculada debe ser igual a la medida, sin embargo muchas veces eso no ocurre dependiendo del arreglo eléctrico y de si la **Epu** de la unidad a la que corresponde el medidor es suficiente para abastecer los servicios propios. Además, si el medidor está en el lado de baja tensión del transformador de servicios propios, entonces a la energía medida se le suman las pérdidas en este transformador. Así pues la **EcATSP** censada por un medidor puede ser abastecida por una unidad diferente a las relacionadas al medidor, la **EcATSP** calculada será la energía que cada unidad abasteció a algún medidor de servicios propios.

EcATE: El medidor de energía consumida autoabastecida para el transformador de excitación normalmente está relacionado a una sola unidad, sin embargo el abastecimiento de la energía que censa puede llevarse a cabo por una unidad diferente bajo ciertas condiciones operativas. La variable calculada **EcATE** nos indica cuanta energía abasteció una unidad para el consumo en algún transformador de excitación de cualquier unidad.

EeTP: La energía a la entrada del transformador principal puede ser obtenida de dos formas diferentes: La primera es por medición (medidor con clave de ubicación 02). La otra forma es por medio de un cálculo, restando la energía consumida autoabastecida en el transformador de excitación y de servicios propios de la energía producida por la unidad ($EeTP = Epu - EcATSP - EcATE$). El significado que tiene el valor obtenido es la cantidad de energía que entró al transformador principal, suministrada por una unidad. Cabe señalar que el porcentaje de pérdidas del medidor de **EeTP** sirve para calcular las pérdidas de energía en el transformador principal y no para reflejar la medición al lado de alta tensión de algún transformador como ocurre en la mayoría de los medidores, si el medidor de **Epu** de la misma unidad tiene un porcentaje de pérdidas asociado, el que se usará será el del medidor de **EeTP**.

EcATP: Las pérdidas de energía en el transformador principal nos dicen la cantidad de energía activa que se perdió en los devanados del **TP**, se pueden calcular de dos diferentes formas: cuando hay medición a la salida del transformador principal (**EsTP**), con la resta de la **EeTP** menos la **EsTP**. De otra manera se usará el porcentaje de pérdidas asociado al medidor de **EeTP** (de no existir medidor de **EeTP** se usará el porcentaje de pérdidas asociado al medidor de **Epu**), para calcularlo, multiplicando la **EeTP** por ese porcentaje de pérdidas. Cabe señalar que cuando existe medición de **EE**, es necesario hacer un ajuste al valor de pérdidas calculado de esta manera, aunque esto se abordará más adelante.

EsTP: La energía a la salida del transformador principal es la energía que salió del **TP** alimentada por una unidad específica. Dependiendo de la configuración eléctrica de la central se calcula de diferentes maneras: cuando existe medidor con clave de ubicación 03 entonces se usa esa medición, cuando no hay medición se resta la **EcATP** de la **EeTP** y cuando el medidor tiene clave de ubicación 04, entonces la medición se prorratea con base en la **EsTP** resultante, calculada con la resta de la **EeTP** menos la **EcATP** (como si no existiera medidor). Cabe señalar que cuando existe medición de **EE**, es necesario hacer un ajuste al valor de **EsTP** calculado de esta manera, aunque esto se abordará más adelante.

EcATAR: La energía consumida autoabastecida para el transformador de arranque calculada, es la energía que cada unidad suministra a algún transformador de arranque y se calcula prorrateando la energía censada por un medidor de EcATAR; siempre y cuando todas las unidades de la central estén operando, en caso contrario la energía que este medidor censa se prorratea a las unidades que estén operando, pero la variable calculada a la que se le asigna esta energía es la EAOU (energía para el arranque de otra unidad)

EcATA: La energía consumida autoabastecida para el transformador auxiliar es la energía que una unidad suministra para algún transformador auxiliar, se calcula prorrateando la energía censada por un medidor a todas las unidades. Cuando no existen medidores de EcATAR y alguna unidad está fuera de servicio, la EcATA medida se prorratea para calcular la EAOU tal como ocurre en el caso de los medidores de EcATAR.

EaCS: La energía autoabastecida para operar como condensador síncrono es el resultado de la sobreexcitación necesaria en los devanados de las máquinas síncronas para operar en este modo y corregir el factor de potencia del sistema. La EaCS calculada es toda la energía que una unidad aporta para que otra u otras operen en modo de condensador síncrono.

EAOU: La energía autoabastecida para el arranque de otras unidades es la energía que una unidad alimenta para que otra u otras inicien su arranque, desde el momento en que empieza a rodar y hasta que sincronizan. Se calcula prorrateando la medición de EcATAR (en caso de no existir medidores de EcATAR se usará la medición de EcATA), únicamente en los periodos de tiempo en que alguna unidad estuvo fuera de servicio (cuando su $E_{pu}=0$).

Eeu: La energía entregada por unidad es la energía que cada unidad entregó al sistema después de haber alimentado todos los consumos de la central y de haber cubierto las pérdidas en el TP. Su cálculo se lleva a cabo restando de la E_{pu} la E_{CAU} (Energía consumida autoabastecida por unidad) que incluye las pérdidas. Si existe un medidor de EE será necesario ajustar la Eeu, para que la suma de la Eeu de todas las unidades sea igual que la EE total medida.

EE: La energía entregada por la central es la energía que la central entrega a su proceso asociado (p. Ej.: transmisión), se puede calcular de dos formas: Si no existen medidores de EE será la suma de la Eeu de todas las unidades; si hay medidores de EE, entonces la suma de la energía censada por todos

los medidores será la EE. En este último caso será necesario ajustar los valores de Eeu prorrateando la EE total con base en la Eeu que se calcularía en el caso de no existir medidores de EE, esto quiere decir que siempre es necesario calcular la Eeu, y si existen medidores de EE los valores de Eeu obtenidos anteriormente se ajustan, porque normalmente la medición que permite establecer cuanta energía entrega una central a su proceso asociado es la de EE, siendo necesario respetar el valor que este medidor censó para conciliarlo con el proceso que recibe la energía.

EaGTD3: La energía entregada a otro proceso a través del circuito interno es la energía que alguna unidad entregó a otro proceso, a través del bus de servicios propios, esto quiere decir que la energía no se entrega en el bus principal, sino después de la etapa de transformación correspondiente al bus de servicios propios, por eso se le llama también entrega de energía en baja tensión. Como puede imaginarse, la EaGTD3 forma parte de la EcATSP medida en algún bus, porque el medidor de EcATSP censa toda la energía que pasa por el transformador de servicios propios, por lo tanto es necesario restar la EaGTD3 de la EcATSP medida y después sumarla a la Eeu, como se ha mencionado anteriormente, una de las limitaciones que el algoritmo actualmente implementado es precisamente la EaGTD3, porque el algoritmo no toma en cuenta estos medidores, sin embargo aquí fue comentada la forma en que la energía censada por este medidor debía ser interpretada e incluida en el balance de energía, en adelante se usarán medidores de este tipo, aunque con la excepción de que en el algoritmo no se definirá el medidor de este tipo.

EcAu: La Energía consumida autoabastecida por unidad es toda la energía que cada unidad genera para alimentar los consumos y pérdidas de energía en la central, es igual a la suma de la energía consumida autoabastecida para el transformador de servicios propios, de excitación, de arranque, auxiliar, para arranque de otras unidades, para operar como condensador síncrono y también las pérdidas en el transformador principal. Como regla general se debe cumplir que $EcAu = Epu - Eeu$ para cada unidad por separado.

SPA: Los servicios propios autoabastecidos representan la energía que una central utilizó para su operación interna, resultan de la suma de la energía consumida autoabastecida para el transformador de servicios propios, de excitación, de arranque, auxiliar y para arranque de otras unidades. Como se puede ver es una variable similar a la EcAu, a diferencia de esta los SPA no

incluyen las pérdidas en el TP, ni la energía para operar como condensador síncrono, por que no son consideradas como parte de la energía que la central usa para su propia operación.

SOBGEN: La sobregeneración es una variable que se calcula con propósitos diferentes al del cálculo del balance de energía, se utiliza para el cálculo de un indicador operativo llamado factor de central. Para entender el significado de dicho indicador es necesario conocer dos conceptos: Primero el de **capacidad efectiva**, que es la potencia real que una central es capaz de suministrar en un instante dado, y se determina por medio de las pruebas de desempeño. El segundo es la **energía teórica**, que es la energía que una CG generaría durante un periodo de tiempo, operando a una carga constante igual a la capacidad efectiva, si la capacidad efectiva de una central es de 350 MW, entonces la central será capaz de generar en una hora una energía de 350 MWh, esta es la energía teórica de una hora, la de un mes que dura 744 horas será igual a 260.4 GWh (el producto de la capacidad efectiva y el número de horas). Es posible que por condiciones atmosféricas favorables u otras razones, la central opere por encima de la capacidad efectiva, la sobregeneración es la cantidad de energía que se produce por encima de la capacidad efectiva de la central, si la misma central genera durante una hora específica una energía de 355 MWh, entonces la sobregeneración será en esa hora de 5 MWh (la diferencia de la Epu menos la energía teórica de una hora). El factor de central es la razón de la energía producida sin sobregeneración entre la energía teórica de un periodo dado, expresado normalmente en porcentaje, por ejemplo en la hora en que la central generó 355 MWh, el factor de central será de 100% (el factor de central no puede ser mayor al 100%), de haber generado 175 MWh durante esa hora, la sobregeneración en esa hora sería cero y el factor de central de 50%. Normalmente el factor de central es un indicador mensual, trimestral, semestral o anual, así que mientras la sobregeneración se calcula de manera horaria, el factor de central se calcula en un periodo mucho mayor de tiempo, entonces para calcular el factor de central se resta a la Epu de todo el periodo, la sobregeneración de ese mismo periodo, después el resultado se divide entre la energía teórica. El factor de central es un indicador que nos dice cuál fue el nivel de carga promedio al cual operó la central durante un periodo específico y comparándolo con otros indicadores como la disponibilidad puede interpretarse información adicional, pero ese análisis se aleja demasiado de nuestro tema particular.

EcRTSP, EcRDSP: La energía consumida recibida de otro proceso para el transformador de servicios propios calculada representa cuanta energía fue suministrada por otro proceso (Transmisión en el caso de la **EcRTSP** y Distribución en el caso de la **EcRDSP**) para alimentar el bus de servicios propios de las unidades relacionadas a un medidor de tipo **EcATSP** cuando la **Epu** de la central no es suficiente para abastecer el consumo en el transformador de servicios propios. Entonces la **EcRTSP** y la **EcRDSP** será la energía que una unidad recibió de otro proceso para alimentar su consumo en el bus de servicios propios.

EcRTTE, EcRDTE,

EcRTTA, EcRDTA,

EcRTAR, EcRDAR,

EcRTCS, EcRDCS: La energía consumida recibida de otro proceso para el transformador de excitación, auxiliar, de arranque y para la operación como condensador sincrónico calculada es como en el caso anterior, la energía que fue suministrada por otro proceso para alimentar cada uno de estos consumos de energía de las unidades relacionadas al medidor correspondiente cuando la **Epu** de la central no es suficiente para abastecer dicho consumo. Será entonces cada una de estas variables, la energía que una unidad recibió de otro proceso para alimentar el consumo correspondiente.

EcRTTP, EcRDTP: Cuando la energía recibida pasa por el **TP** antes de alimentar algún consumo en baja tensión sufre pérdidas de transformación, la **EcRTTP** y la **EcRDTP** son las variables que nos dicen cuánta energía recibida fue perdida en el **TP**.

EcRDT2, EcRTT2,

EcRDSD: energía recibida de circuito externo de distribución, la energía recibida de circuito externo de transmisión y la energía recibida de distribución uso externo a la central, respectivamente son variables que corresponden a la medición de cada uno de los medidores correspondientes, aunque a veces es necesario prorratearla a las unidades relacionadas, esta energía es puramente recibida, y no afecta en el cálculo del balance, porque se sabe que el circuito en el que se consume esta energía es independiente al interno de la central.

EcRu: La Energía consumida por unidad recibida de otro proceso, es toda la energía que cada unidad recibe para alimentar sus consumos y pérdidas de energía en la central, es igual a la suma de la energía consumida recibida de otro proceso para el transformador de servicios propios, de excitación, de arranque, auxiliar, para operar como condensador síncrono, y también las pérdidas en el transformador principal.

SPR: Los servicios propios recibidos son la energía que la central recibe de su proceso asociado para abastecer los consumos que se relacionan a su operación interna, es una variable muy parecida a la EcRu, pero sin incluir la energía recibida para operar como condensador síncrono, ni las pérdidas en el TP.

EcRT, EcRD: La energía consumida por la unidad recibida de Transmisión y Distribución es la EcRu, relacionada a cada proceso por separado, cada una de las variables de recibidos puede tener relacionado un proceso diferente, con la EcRT y la EcRD, se pueden separar los recibidos de cada uno de los procesos.

ER: La energía recibida por la central es la energía que la central recibe de su proceso asociado, si existe medición en el punto de interconexión entre la central y su proceso asociado, entonces la energía recibida de la central deberá ser la censada por los medidores en este punto, entonces la energía consumida en la central se prorrateará como si fuera recibida para cubrir la medición de ER.

ErCCSE

ErCCSS: La energía reactiva entrando cuando opera como condensador síncrono y la energía reactiva saliendo cuando opera como condensador síncrono son variables que no intervienen en el cálculo del balance de energía, porque censan energía reactiva y no real, sin embargo en el cálculo del balance de energía se manipulan para poder determinar el aporte de reactivos que cada unidad tuvo durante un periodo específico.

2.3 Prorratesos de Energía

Cuando algún medidor tiene unidades relacionadas, o cuando la energía que censa puede ser abastecida por varias unidades diferentes, es necesario determinar cuanta energía alimenta cada unidad para ese medidor específico "repartiéndola" de alguna manera. Existen tres criterios para repartir proporcionalmente la energía que censa un medidor, es decir, para prorratarla: el primero es el prorrato con base en la cantidad de energía producida por cada unidad relacionada, el segundo es también con base en la energía producida por cada unidad que alimenta al mismo proceso que el asociado al medidor en cuestión y el último es con base en la capacidad efectiva de cada unidad relacionada.

a. Prorrato con base en la Epu de las unidades relacionadas

Cuando la Epu de las unidades relacionadas es suficiente para alimentar el consumo, la energía consumida se prorratea con respecto a la propia Epu de las unidades relacionadas. Para ilustrar este tipo de prorrato se muestra el siguiente diagrama, en el que se indica la energía en MWh censada por cada medidor.

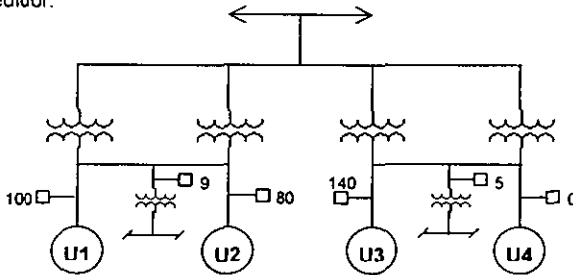


Figura 2.3.1: Diagrama unifilar simplificado que muestra la energía censada por cada medidor del arreglo.

Los dos medidores de EcATSP pueden ser alimentados por sus unidades relacionadas, porque la Epu de las unidades relacionadas es mayor a la censada por estos medidores, el problema es saber cuánta energía abasteció cada unidad a cada medidor, en el caso del medidor de EcATSP de las unidades 1 y 2, la EcATSP calculada para cada unidad queda:

$$EcATSP_1 = \frac{Epu_1}{Epu_1 + Epu_2} \times EcATSP_{1,2} = \frac{100}{100 + 80} \times 9 = 5$$

$$EcATSP_2 = \frac{Epu_2}{Epu_1 + Epu_2} \times EcATSP_{1,2} = \frac{80}{100 + 80} \times 9 = 4$$

Así se puede inferir la cantidad de energía que cada unidad aportó al bus de servicios propios. En el caso de las unidades 3 y 4 es muy claro que toda la EcATSP fue alimentada por la unidad 3, porque la unidad 4 está fuera de servicio.

b. Prorrateo con base en la Epu de las unidades asociadas al mismo proceso

Cuando la Epu de las unidades relacionadas no es suficiente para alimentar el consumo, pero las otras unidades asociadas al mismo proceso tienen una Epu suficiente como para poder abastecer este consumo, la energía consumida que no puede ser alimentada por las unidades relacionadas se prorratea con respecto a la Epu de las otras unidades. En el siguiente diagrama se puede ver este caso:

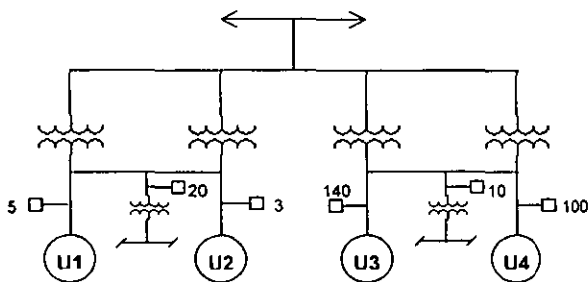


Figura 2.3.2: Diagrama unifilar simplificado que muestra la energía censada por cada medidor del arreglo.

En este caso las unidades 1 y 2 no pueden abastecer su propio consumo, por lo tanto la $EcATSP_1$ es de 5 MWh y la $EcATSP_2$ es de 3 MWh, esto quiere decir que 8 MWh fueron abastecidos a este medidor por las unidades relacionadas (la 1 y 2), pero 12 MWh que censa este medidor fueron abastecidos por las otras unidades, estos 12 MWh se prorratean con base en la Epu de las unidades 3 y 4 de la siguiente manera:

$$EcATSP_3 = \frac{Epu_3}{Epu_3 + Epu_4} \times (EcATSP_{3,4} + EcATSP_{1,2} - EcATSP_1 - EcATSP_2)$$

$$EcATSP_3 = \frac{140}{140 + 100} \times (10 + 20 - 5 - 3) = 12.833$$

$$EcATSP_4 = \frac{Epu_4}{Epu_3 + Epu_4} \times (EcATSP_{3,4} + EcATSP_{1,2} - EcATSP_1 - EcATSP_2)$$

$$EcATSP_4 = \frac{100}{140 + 100} \times (10 + 20 - 5 - 3) = 9.167$$

De esta manera toda la energía censada por los medidores fue repartida a las unidades de la central, de modo que la variable calculada $EcATSP$ de cada unidad nos dice cuánta energía aportó cada unidad para abastecer algún bus de servicios propios de la central.

c. Prorrato con base en la capacidad efectiva

Cuando la Epu de todas las unidades de la CG no es suficiente para alimentar el consumo censado por un medidor, la energía que no pudo ser alimentada por la central se prorratea con base a la capacidad efectiva de las unidades relacionadas, pero se asigna a una variable de recibidos. En el siguiente diagrama se puede ver este caso, suponemos que las capacidades efectivas de cada unidad son de 200, 220, 180 y 190 MWh respectivamente de la U1 a la U4 y el proceso asociado es Transmisión:

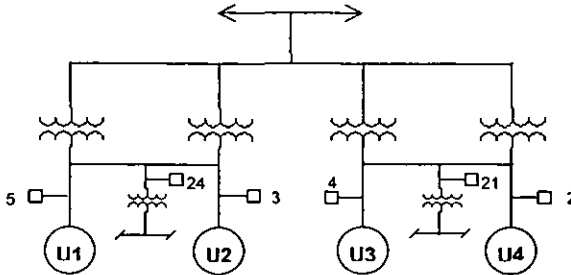


Figura 2.3.3: Diagrama unifilar simplificado que muestra la energía censada por cada medidor del arreglo.

Se puede ver con facilidad que la $EcATSP_1 = 5$ MWh, la $EcATSP_2 = 3$ MWh, la $EcATSP_3 = 4$ MWh y la $EcATSP_4 = 2$ MWh, pero una parte de cada medidor no fue abastecida por la propia CG y debió ser recibida de Transmisión, se trata de 16 MWh del medidor de la U 1 y 2 y 15 MW del otro medidor. El prorrato de esta energía se calcula como sigue:

$$EcATSP_1 = \frac{Cap.Efe_1}{Cap.Efe_1 + Cap.Efe_2} \times (EcATSP_{1,2} - EcATSP_1 - EcATSP_2)$$

$$EcATSP_1 = \frac{200}{200 + 220} \times (24 - 5 - 3) = 7.619$$

$$EcATSP_2 = \frac{Cap.Efe_1}{Cap.Efe_1 + Cap.Efe_2} \times (EcATSP_{1,2} - EcATSP_1 - EcATSP_2)$$

$$EcATSP_2 = \frac{220}{200 + 220} \times (24 - 5 - 3) = 8.381$$

$$EcATSP_3 = \frac{Cap.Efe_3}{Cap.Efe_3 + Cap.Efe_4} \times (EcATSP_{3,4} - EcATSP_3 - EcATSP_4)$$

$$EcATSP_3 = \frac{180}{180 + 190} \times (21 - 4 - 2) = 7.297$$

$$EcATSP_4 = \frac{Cap.Efe_4}{Cap.Efe_3 + Cap.Efe_4} \times (EcATSP_{3,4} - EcATSP_3 - EcATSP_4)$$

$$EcATSP_4 = \frac{190}{180 + 190} \times (21 - 4 - 2) = 7.703$$

2.4 Flujo de energía

Cada uno de los criterios de prorrateo de energía es aplicado en condiciones operativas diferentes, es necesario analizar esas condiciones para conocer la forma en que ocurrió el flujo de energía.

a. Prorrateo con base en la Epu de las unidades relacionadas

En este caso la Epu de la central es suficiente para alimentar la energía consumida por la central, esta es la condición operativa normal de la central, porque el consumo de la central es casi siempre autoabastecido cuando la central esta en servicio. A continuación se muestran los flujos de energía con flechas, el grosor de cada flecha nos da una idea de la cantidad de energía que fluye en esas direcciones.

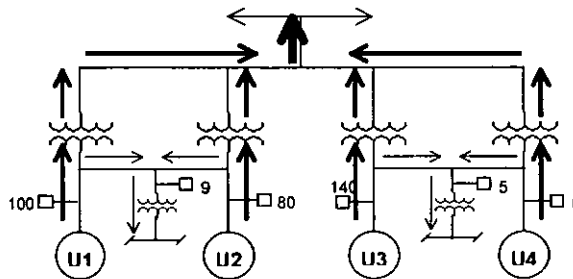


Figura 2.4.1: Diagrama unifilar simplificado que muestra la energía censada por cada medidor del arreglo y los flujos predominantes durante el periodo de medición.

b. Prorrateo con base en la Epu de las unidades asociadas al mismo proceso

En este caso la Epu de las unidades relacionadas no es suficiente para alimentar el consumo, sin embargo esa energía es abastecida por las otras unidades asociadas al mismo proceso, dado que tienen una Epu suficiente, en el siguiente diagrama se puede ver el flujo de energía para este caso:

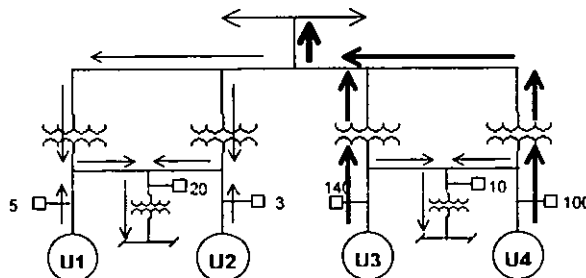


Figura 2.4.2: Diagrama unifilar simplificado que muestra la energía censada por cada medidor del arreglo y los flujos predominantes durante el periodo de medición.

c. Prorrato con base en la capacidad efectiva

En este caso la Epu de todas las unidades de la central no es suficiente para alimentar el consumo de la central, esos consumos que no pudieron ser autoabastecidos debieron ser recibidos del proceso asociado, esto se muestra en el siguiente diagrama:

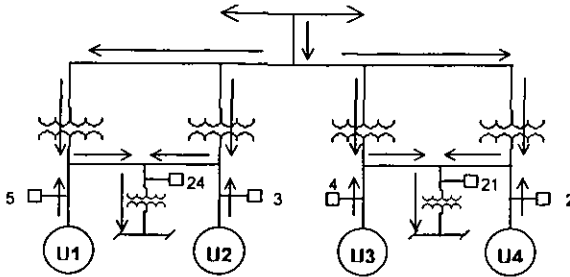


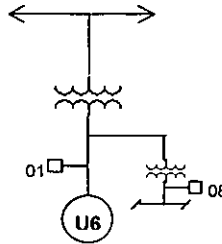
Figura 2.4.3: Diagrama unifilar simplificado que muestra la energía censada por cada medidor del arreglo y los flujos predominantes durante el periodo de medición.

No es posible hacer un análisis para cada caso en todas las configuraciones eléctricas existentes, pero estos tres ejemplos muestran una idea de lo que ocurre con la energía en tres condiciones operativas típicas, más allá de un análisis específico como el mostrado se deben mencionar los criterios para el análisis del flujo de energía usados y sus limitaciones. Para determinar como fluye la energía en un arreglo eléctrico debemos tomar en cuenta primero si la central está operando o no, en caso de estar operando el flujo de energía empieza siempre en el generador, alimentando primero el transformador de excitación y luego el de servicios propios, que son los que están en el lado de baja tensión del TP, enseguida alimenta el transformador de arranque, luego el auxiliar y por último abastece la energía para operar como condensador síncrono. Si en algún momento la energía generada ya no es suficiente para alimentar los consumos, entonces el resto de energía consumida habrá sido recibida. Cabe señalar dos cosas: primero que en el caso de que toda la central esté fuera de servicio toda la energía consumida debe ser recibida, segundo que la energía sólo puede fluir a través de un bus, y si dos unidades tienen asociado un proceso diferente, no existe un bus que las interconecte directamente y por lo tanto no pueden transferirse energía entre sí, y esto quiere decir que sus mediciones y balances de energía serán independientes.

2.5 Arreglos Típicos

Una vez entendido el concepto del cálculo del balance de energía se pueden plantear ejemplos específicos en centrales con arreglos típicos para aplicar el concepto en casos prácticos. Los datos como claves de los medidores, capacidades efectivas (en kW) y por ciento de pérdidas en transformación usados en estos ejemplos se obtuvieron de las bases de datos del Sistema del Informe Mensual de Operación (SIMO) de las centrales respectivas, la energía medida (en kWh) será supuesta y se redondearán los datos calculados a 3 decimales. En cada uno de los ejemplos se harán anotaciones finales explicando los detalles que cada ejemplo introduce.

a) C.T.G. Huinalá



Ejemplo 1:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.		06		139,690
CNESHTG0000601	Epu	D	06	0.6	143,000
CNESHTG0000608	EcATSP	D	06	0.6	4,000

Datos Calculados				
Variable	Clave de flujo	Unidad	Valor	
Epu	D	06	143,000.000	
EcATSP	D	06	4,024.000	
EeTP	D	06	138,976.000	
EcATP	D	06	833.856	
EsTP	D	06	138,142.144	
Eeu	D	06	138,142.144	
EE	D	06	138,142.144	
SOBGEN	D	06	3,310.000	

Notas al ejemplo 1:

1. La Epu es siempre igual a la medida.

2. La EcATSP medida está en baja tensión, para reflejarla al lado de alta del transformador de servicios propios se suman las pérdidas de transformación que en este caso son del 0.6% de la energía medida, entonces la EcATSP calculada queda:

$$EcATSP_{calculada} = EcATSP_{medida} + pérdidas = EcATSP_{medida} + 0.006 EcATSP_{medida}$$

$$EcATSP_{calculada} = EcATSP_{medida} (1.006) = 4000(1.006) = 4024$$

3. La EeTP es la energía que resta después de haber alimentado el transformador de servicios propios y se calcula restando la EcATSP calculada de la Epu.
4. La EcATP es la energía perdida en el transformador principal, se calcula multiplicando la EeTP por el porcentaje de pérdidas del medidor de Epu, que es 0.6% para este ejemplo.
5. La EsTP es la energía a la salida del transformador principal, su valor es igual a la resta de la EeTP menos la EcATP.
6. La Eeu es igual a la EsTP porque no existe ningún consumo en el lado de alta del TP y la EE es igual a la Eeu de la U6, porque solo existe una unidad en la central.

Ejemplo 2:

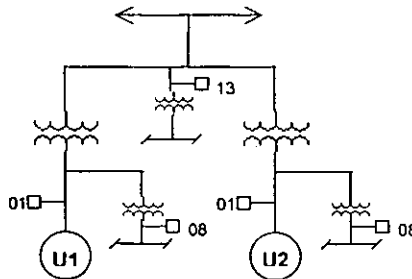
Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.		06		139,690
CNESHTG0000601	Epu	D	06	0.6	0
CNESHTG0000608	EcATSP	D	06	0.6	2,000

Datos Calculados				
Variable	Clave de flujo	Unidad	Valor	
Epu	D	06	0.000	
EcATSP	D	06	0.000	
EcrDSP	D	06	2,012.000	
EeTP	D	06	0.000	
EcATP	D	06	0.000	
EsTP	D	06	0.000	
Eeu	D	06	0.000	
EE	D	06	0.000	
EcrD	D	06	2,012.000	
EcRu	D	06	2,012.000	

Notas al ejemplo 2:

1. Como la U6 esta fuera de servicio, toda la energía consumida es recibida y la energía entregada es cero.

b) Nachicocom



Ejemplo 1:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	D	01		24,500
-	Cap. Efe.	D	02		24,500
CPENNCM000101	Epu	D	01	0.6	22,000
CPENNCM000201	Epu	D	02	0.6	23,000
CPENNCM000108	EcATSP	D	01	0.6	1,000
CPENNCM000208	EcATSP	D	02	0.6	1,100
CPENNCM000113	EcATAR	D	01, 02		1,500

Datos Calculados			
Variable	Clave de flujo	Unidad	Valor
Epu	D	01	22,000.000
EcATSP	D	01	1,006.000
EeTP	D	01	20,994.000
EcATP	D	01	125.964
EsTP	D	01	20,868.036
EcATAR	D	01	733.333
Eeu	D	01	20,134.703
Epu	D	02	23,000.000
EcATSP	D	02	1,106.600
EeTP	D	02	21,893.400
EcATP	D	02	131.360
EsTP	D	02	21,762.040
EcATAR	D	02	766.667
Eeu	D	02	20,995.373
EE	D	00	41,130.076

Notas al ejemplo 1:

1. La EcATAR se prorratea con base en la Epu de cada unidad.
2. Para calcular la Eeu de cada unidad se resta la EcATAR calculada para cada unidad de la EsTP.
3. La Eeu es la resta de la EsTP menos la EcATAR.

Ejemplo 2:

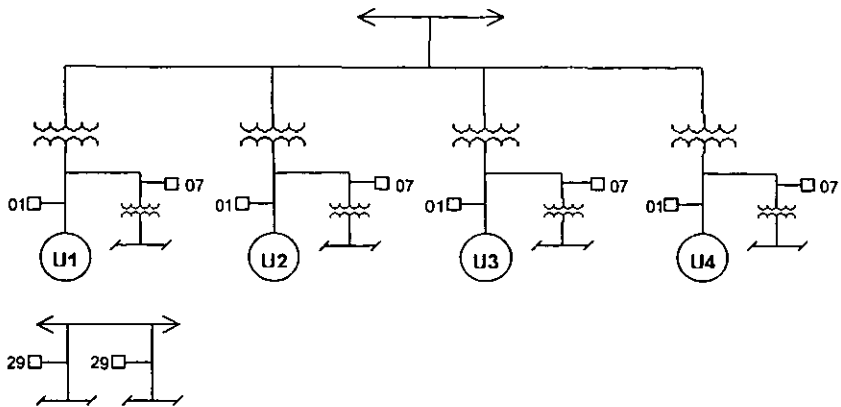
Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	D	01		24,500
-	Cap. Efe.	D	02		24,500
CPENNCM000101	Epu	D	01	0.6	500
CPENNCM000201	Epu	D	02	0.6	23,000
CPENNCM000108	EcATSP	D	01	0.6	1,000
CPENNCM000208	EcATSP	D	02	0.6	1,100
CPENNCM000113	EcATAR	D	01, 02		1,500

Datos Calculados			
Variable	Clave de flujo	Unidad	Valor
Epu	D	01	500.000
EcATSP	D	01	500.000
EeTP	D	01	0.000
EcATP	D	01	0.000
EsTP	D	01	0.000
EcATAR	D	01	0.000
Eeu	D	01	0.000
Epu	D	02	23,000.000
EcATSP	D	02	1,612.600
EeTP	D	02	21,387.400
EcATP	D	02	128.324
EsTP	D	02	21,259.076
EcATAR	D	02	1,500.000
Eeu	D	02	19,759.076
EE	D	00	19,759.076

Notas al ejemplo 2:

1. La Epu de la U1 abastece solamente 500 kWh de la EcATSP medida, el resto lo abastece la U2.
2. Toda la Epu de la U1 se usa para abastecer la EcATSP de esa unidad, por lo tanto no entrega energía a Distribución.

c) Pefitas



Ejemplo 1:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		105,000
-	Cap. Efe.	T	02		105,000
-	Cap. Efe.	T	03		105,000
-	Cap. Efe.	T	04		105,000
CORPEA0000101	Epu	T	01	1.0	107,000
CORPEA0000201	Epu	T	02	1.0	87,000
CORPEA0000301	Epu	T	03	1.0	99,000
CORPEA0000401	Epu	T	04	1.0	108,000
CORPEA0000107	EcATSP	T	01		1,200
CORPEA0000207	EcATSP	T	02		1,100
CORPEA0000307	EcATSP	T	03		2,300
CORPEA0000407	EcATSP	T	04		2,200
CORPEA0000129	EcRTT2	T	01, 02, 03, 04		580
CORPEA0000229	EcRTT2	T	01, 02, 03, 04		340

Datos Calculados								
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EeTP	EcATP	EsTP	Eeu	EE
01	T	107,000.000	1,200.000	105,800.000	1,058.000	104,742.000	104,742.000	
02	T	87,000.000	1,100.000	85,900.000	859.000	85,041.000	85,041.000	
03	T	99,000.000	2,300.000	96,700.000	967.000	95,733.000	95,733.000	
04	T	108,000.000	2,200.000	105,800.000	1,058.000	104,742.000	104,742.000	
00	T	401,000.000	6,800.000	394,200.000	3,942.000	390,258.000	390,258.000	390,258.000

Datos Calculados				
#U	Clave de flujo	EcRTT2	EcRu	SOBGEN
01	T	230.000	230.000	2,000.000
02	T	230.000	230.000	0.000
03	T	230.000	230.000	0.000
04	T	230.000	230.000	3,000.000
00	T	920.000	920.000	5,000.000

Notas al ejemplo 1:

1. La central cuenta con medición de EcRTT2, que es puramente recibida, por eso se tiene energía recibida aun cuando la central opera normalmente.

Ejemplo 2:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		105,000
-	Cap. Efe.	T	02		105,000
-	Cap. Efe.	T	03		105,000
-	Cap. Efe.	T	04		105,000
CORIP EA0000101	Epu	T	01	1.0	107,000
CORIP EA0000201	Epu	T	02	1.0	0
CORIP EA0000301	Epu	T	03	1.0	99,000
CORIP EA0000401	Epu	T	04	1.0	108,000
CORIP EA0000107	EcATSP	T	01		1,200
CORIP EA0000207	EcATSP	T	02		1,100
CORIP EA0000307	EcATSP	T	03		2,300
CORIP EA0000407	EcATSP	T	04		2,200
CORIP EA0000129	EcRTT2	T	01, 02, 03, 04		580
CORIP EA0000229	EcRTT2	T	01, 02, 03, 04		340

Datos Calculados								
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EcIP	EcATP	EsIP	Ecu	EE
01	T	107,000.000	1,574.841	105,425.159	1,054.252	104,370.908	104,370.908	
02	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
03	T	99,000.000	2,646.815	96,353.185	963.532	95,389.653	95,389.653	
04	T	108,000.000	2,578.344	105,421.656	1,054.217	104,367.439	104,367.439	
00	T	314,000.000	6,800.000	307,200.000	3,072.001	304,128.000	304,128.000	304,128.000

Datos Calculados				
#U	Clave de flujo	EcRTT2	EcRu	SOBGEN
01	T	230.000	230.000	2,000.000
02	T	230.000	230.000	0.000
03	T	230.000	230.000	0.000
04	T	230.000	230.000	3,000.000
00	T	920.000	920.000	5,000.000

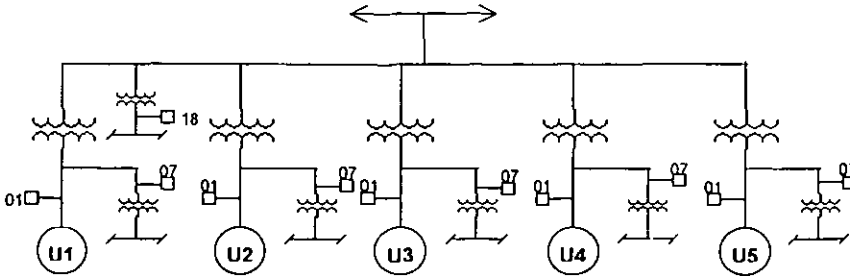
Ejemplo 3:

Datos Medidos v Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		105,000.000
-	Cap. Efe.	T	02		105,000.000
-	Cap. Efe.	T	03		105,000.000
-	Cap. Efe.	T	04		105,000.000
CORIEPA0000101	Epu	T	01	1.0	0.000
CORIEPA0000201	Epu	T	02	1.0	0.000
CORIEPA0000301	Epu	T	03	1.0	0.000
CORIEPA0000401	Epu	T	04	1.0	540.000
CORIEPA0000107	EcATSP	T	01		1,200.000
CORIEPA0000207	EcATSP	T	02		1,100.000
CORIEPA0000307	EcATSP	T	03		2,300.000
CORIEPA0000407	EcATSP	T	04		2,200.000
CORIEPA0000129	EcRTT2	T	01, 02, 03, 04		580.000
CORIEPA0000229	EcRTT2	T	01, 02, 03, 04		340.000

Datos Calculados								
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EeTP	EcATP	EsTP	Eeu	EE
01	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
02	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
03	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
04	T	540.000	540.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
00	T	540.000	540.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Datos Calculados					
#U	Clave de flujo	EcRTSP	EcRTT2	EcRT	EcRu
01	T	1,200.000	230.000	1,430.000	1,660.000
02	T	1,100.000	230.000	1,330.000	1,560.000
03	T	2,300.000	230.000	2,530.000	2,760.000
04	T	1,660.000	230.000	1,890.000	2,120.000
00	T	6,260.000	920.000	7,180.000	8,100.000

d) Angostura



Ejemplo 1:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		180,000
-	Cap. Efe.	T	02		180,000
-	Cap. Efe.	T	03		180,000
-	Cap. Efe.	T	04		180,000
-	Cap. Efe.	T	05		180,000
CORIANG0000101	Epu	T	01	1.0	175,000
CORIANG0000201	Epu	T	02	1.0	167,000
CORIANG0000301	Epu	T	03	1.0	180,000
CORIANG0000401	Epu	T	04	1.0	179,000
CORIANG0000501	Epu	T	05	1.0	169,000
CORIANG0000107	EcATSP	T	01		1,900
CORIANG0000207	EcATSP	T	02		2,100
CORIANG0000307	EcATSP	T	03		2,300
CORIANG0000407	EcATSP	T	04		2,200
CORIANG0000507	EcATSP	T	05		2,500
CORIANG0000118	EcATA	T	01, 02, 03, 04, 05	0.0	340

Datos Calculados									
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EeTP	EcATP	EsTP	EcATA	Eeu	EE
01	T	175,000,000	1,900,000	173,100,000	1,731,000	171,369,000	68.391	171,300,609	
02	T	167,000,000	2,100,000	164,900,000	1,649,000	163,251,000	65.264	163,185,736	
03	T	180,000,000	2,300,000	177,700,000	1,777,000	175,923,000	70.345	175,852,655	
04	T	179,000,000	2,200,000	176,800,000	1,768,000	175,032,000	69.954	174,962,046	
05	T	169,000,000	2,500,000	166,500,000	1,665,000	164,835,000	66.046	164,768,954	
00	T	870,000,000	11,000,000	859,000,000	8,590,000	850,410,000	340,000	850,070,000	850,070,000

Notas al ejemplo 1:

1. Como el porcentaje de pérdidas del medidor de EcATA es cero, la EcATA calculada total es igual a la medida.

Ejemplo 2:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		180,000
-	Cap. Efe.	T	02		180,000
-	Cap. Efe.	T	03		180,000
-	Cap. Efe.	T	04		180,000
-	Cap. Efe.	T	05		180,000
CORIAN0000101	Epu	T	01	1.0	175,000
CORIAN0000201	Epu	T	02	1.0	0
CORIAN0000301	Epu	T	03	1.0	180,000
CORIAN0000401	Epu	T	04	1.0	179,000
CORIAN0000501	Epu	T	05	1.0	0
CORIAN0000107	EcATSP	T	01		1,900
CORIAN0000207	EcATSP	T	02		2,100
CORIAN0000307	EcATSP	T	03		2,300
CORIAN0000407	EcATSP	T	04		2,200
CORIAN0000507	EcATSP	T	05		2,500
CORIAN0000118	EcATA	T	01, 02, 03, 04, 05	0.0	340

Datos Calculados									
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EcETP	EcATP	EsTP	EAOU	Eeu	EE
01	T	175,000.000	3,407.491	171,592.509	1,715.925	169,876.584	111.423	169,765.161	
02	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
03	T	180,000.000	3,850.562	176,149.438	1,761.494	174,387.944	114.607	174,273.337	
04	T	179,000.000	3,741.948	175,258.052	1,752.581	173,505.472	113.970	173,391.502	
05	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
00	T	534,000.000	11,000.000	523,000.000	5,230.000	517,770.000	340.000	517,430.000	517,430.000

Notas al ejemplo 2:

1. Como la U2 y la U5 están fuera de servicio, la EcATA medida se proratea a las otras unidades, pero se asigna a la EAOU.

Ejemplo 3:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		180,000
-	Cap. Efe.	T	02		180,000
-	Cap. Efe.	T	03		180,000
-	Cap. Efe.	T	04		180,000
-	Cap. Efe.	T	05		180,000
CORIANG0000101	Epu	T	01	1.0	0
CORIANG0000201	Epu	T	02	1.0	0
CORIANG0000301	Epu	T	03	1.0	0
CORIANG0000401	Epu	T	04	1.0	0
CORIANG0000501	Epu	T	05	1.0	0
CORIANG0000107	EcATSP	T	01		1,900
CORIANG0000207	EcATSP	T	02		2,100
CORIANG0000307	EcATSP	T	03		2,300
CORIANG0000407	EcATSP	T	04		2,200
CORIANG0000507	EcATSP	T	05		2,500
CORIANG0000118	EcATA	T	01, 02, 03, 04, 05	0.0	340

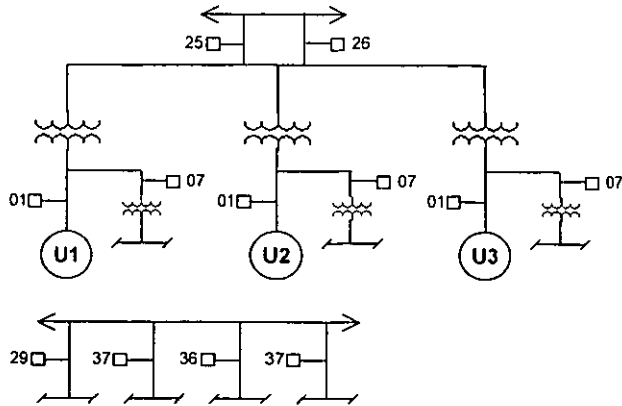
Datos Calculados									
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EsTP	EcATP	EsTP	EcATA	Eeu	EE
01	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
02	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
03	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
04	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
05	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
00	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Datos Calculados				
#U	Clave de flujo	EcRTSP	EcRTTA	EcRu
01	T	1,900.000	68.000	1,968.000
02	T	2,100.000	68.000	2,168.000
03	T	2,300.000	68.000	2,368.000
04	T	2,200.000	68.000	2,268.000
05	T	2,500.000	68.000	2,568.000
00	T	11,000.000	340.000	11,340.000

Notas al ejemplo 3:

1. En este caso toda la central está fuera de servicio, por eso toda la energía consumida es recibida.
2. La EcRTTA es igual para todas las unidades porque la capacidad efectiva de todas las unidades es la misma.

e) Agumilpa



Ejemplo 1:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		320,000
-	Cap. Efe.	T	02		320,000
-	Cap. Efe.	T	03		320,000
COCCAGM0000101	Epu	T	01	0.375	315,000
COCCAGM0000201	Epu	T	02	0.375	310,000
COCCAGM0000301	Epu	T	03	0.375	307,000
COCCAGM0000107	EcATSP	T	01		1,600
COCCAGM0000207	EcATSP	T	02		1,400
COCCAGM0000307	EcATSP	T	03		1,300
COCCAGM0000025	EE	T	00		437,000
COCCAGM0000026	EE	T	00		490,000
COCCAGM0000129	EcRTT2	T	01, 02, 03		250
COCCAGM0000236	EcRTT2	T	01, 02, 03		380
COCCAGM0000137	EcRTT2	T	01, 02, 03		140
COCCAGM0000237	EcRTT2	T	01, 02, 03		310

Datos Calculados							
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EeTP	EcATP (previo)	EstP (previo)	Eeu (previo)
01	T	315,000.000	1,600.000	313,400.000	1,175.250	312,224.750	312,224.750
02	T	310,000.000	1,400.000	308,600.000	1,157.250	307,442.750	307,442.750
03	T	307,000.000	1,300.000	305,700.000	1,146.375	304,553.625	304,553.625
00	T	932,000.000	4,300.000	927,700.000	3,478.875	924,221.125	924,221.125

Datos Calculados					
#U	Clave de flujo	EE	Eeu	EstP	EcATP
01	T		313,163.523	313,163.523	236.477
02	T		308,367.145	308,367.145	232.855
03	T		305,469.333	305,469.333	230.667
00	T	927,000.000	927,000.000	927,000.000	700.000

Datos Calculados			
#U	Clave de flujo	EcRTT2	EcRu
01	T	360.000	360.000
02	T	360.000	360.000
03	T	360.000	360.000
00	T	1,080.000	1,080.000

Notas al ejemplo 1:

1. La central cuenta con medición en el punto de entrega a transmisión, por eso es necesario ajustar las variables EcATP, EsTP y Eeu, para respetar la medición de energía entregada, como la EcATP se infiere a partir de un porcentaje de pérdidas aproximado, es ahí donde se lleva a cabo el ajuste, afectando de esta manera las variables EsTP y Eeu, que dependen de manera directa de las pérdidas.

Ejemplo 2:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		320,000
-	Cap. Efe.	T	02		320,000
-	Cap. Efe.	T	03		320,000
COCCAGM0000101	Epu	T	01	0.375	315,000
COCCAGM0000201	Epu	T	02	0.375	310,000
COCCAGM0000301	Epu	T	03	0.375	307,000
COCCAGM0000107	EcATSP	T	01		1,600
COCCAGM0000207	EcATSP	T	02		1,400
COCCAGM0000307	EcATSP	T	03		1,300
COCCAGM0000025	EE	T	00		438,000
COCCAGM0000026	EE	T	00		493,000
COCCAGM0000129	EcRTT2	T	01, 02, 03		250
COCCAGM0000236	EcRTT2	T	01, 02, 03		380
COCCAGM0000137	EcRTT2	T	01, 02, 03		140
COCCAGM0000237	EcRTT2	T	01, 02, 03		310

Datos Calculados							
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EcATP	EcATP (previo)	EsTP (previo)	Eeu (previo)
01	T	315,000.000	1,600.000	313,400.000	1,175.250	312,224.750	312,224.750
02	T	310,000.000	1,400.000	308,600.000	1,157.250	307,442.750	307,442.750
03	T	307,000.000	1,300.000	305,700.000	1,146.375	304,553.625	304,553.625
00	T	932,000.000	4,300.000	927,700.000	3,478.875	924,221.125	924,221.125

Datos Calculados					
#U	Clave de flujo	EE	Eeu	EstP	EcATP
01	T		314,514.822	314,514.822	-1,114.822
02	T		309,697.747	309,697.747	-1,097.747
03	T		306,787.431	306,787.431	-1,087.431
00	T	931,000.000	931,000.000	931,000.000	-3,300.000

Datos Calculados			
#U	Clave de flujo	EcR112	EcRu
01	T	360.000	360.000
02	T	360.000	360.000
03	T	360.000	360.000
00	T	1,080.000	1,080.000

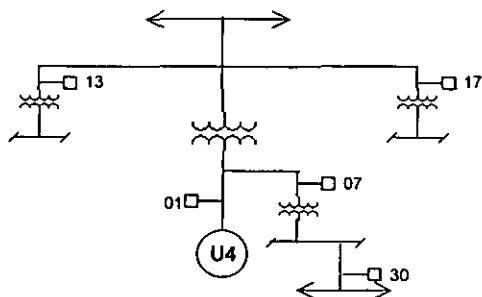
Notas al ejemplo 2:

1. En este caso la energía entregada es mayor a la energía producida menos la energía consumida, por eso las pérdidas de energía resultan negativas. Sólo existen dos motivos por los cuales esto puede ocurrir: el primero es un error en la medición y el segundo es que parte de la energía consumida sea recibida, sin embargo con la información disponible en este arreglo es imposible determinar cuál de estos dos motivos ocurrió en realidad.

2.6 Arreglos Atípicos

Los arreglos atípicos representan mayor complejidad para el cálculo del BE, enseguida se plantean ejemplos con configuraciones eléctricas atípicas, para aplicar el concepto en esos casos. Una vez más los datos como claves de los medidores, capacidades efectivas (en kW) y porcentaje de pérdidas en transformación usados en estos ejemplos se obtuvieron de las bases de datos del Sistema del Informe Mensual de Operación (SIMO) de las centrales respectivas, la energía medida (en kWh) será supuesta y de igual manera se redondearán los datos calculados a 3 decimales. En cada uno de los ejemplos se harán anotaciones finales explicando los detalles que cada ejemplo introduce.

a) C.T. La Laguna



Ejemplo 1:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	D	04		39,000
CNTELGA0000101	Epu	D	04	0.522	37,500
CNTELGA0000107	EcATSP	D	04		6,500
CNTELGA0000113	EcATAR	D	04		180
CNTELGA0000117	EcATA	D	04		390
CNTELGA0000130	EaGTD3	D	04		5,800

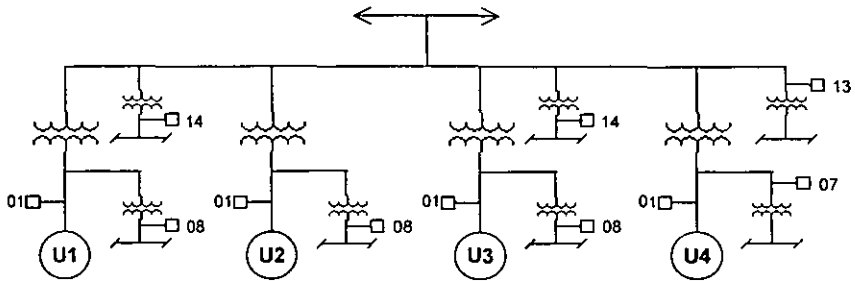
Datos Calculados									
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP (previo)	EcATP	EsTP	EcATAR	EcATA	Ecu (previo)	
04	D	37,500.000	6,500.000	31,000.000	161.820	30,838.180	180.000	390.000	30,268.180
00	D	37,500.000	6,500.000	31,000.000	161.820	30,838.180	180.000	390.000	30,268.180

Datos Calculados					
#U	Clave de flujo	EaGTD3	EcATSP	Ecu	Ec
04	D	5,800.000	700.000	35,068.180	
00	D	5,800.000	700.000	35,068.180	35,068.180

Notas al ejemplo 1:

- Este arreglo eléctrico tiene entrega de energía a través del bus de servicios propios, de modo que al final de los cálculos es necesario reajustar el valor de Eeu y de EcATSP, sumando y restando respectivamente la medición de EaGD3.

b) Valle de México



Ejemplo 1:

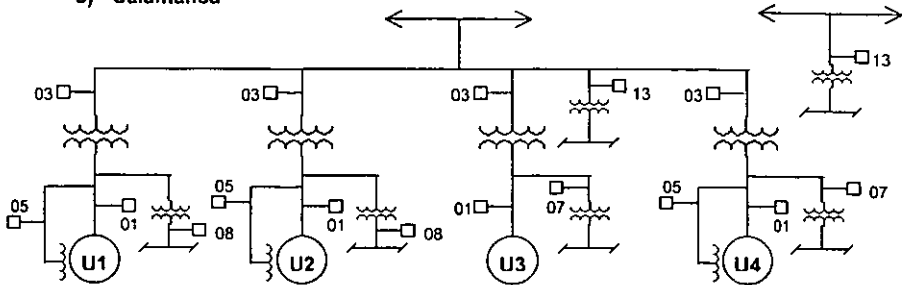
Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		150,000
-	Cap. Efe.	T	02		158,000
-	Cap. Efe.	T	03		158,000
-	Cap. Efe.	T	04		300,000
CCELVAE0000101	Epu	T	01	0.6	149,500
CCELVAE0000201	Epu	T	02	0.6	155,000
CCELVAE0000301	Epu	T	03	0.6	156,000
CCELVAE0000401	Epu	T	04	0.6	287,000
CCELVAE0000108	EcATSP	T	01	0.6	2,000
CCELVAE0000208	EcATSP	T	02	0.6	2,150
CCELVAE0000308	EcATSP	T	03	0.6	2,200
CCELVAE0000407	EcATSP	T	04		2,500
CCELVAE0000114	EcATAR	T	01 02 03 04	0.6	580
CCELVAE0000314	EcATAR	T	01 02 03 04	0.6	630
CCELVAE0000413	EcATAR	T	01 02 03 04		400

Datos Calculados									
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EeIP	EcATP	ESIP	ECATAR	Eeu	EE
01	T	149,500.000	2,012.000	147,488.000	884.928	146,603.072	323.452	146,279.620	
02	T	155,000.000	2,162.900	152,837.100	917.023	151,920.077	335.352	151,584.726	
03	T	156,000.000	2,213.200	153,786.800	922.721	152,864.079	337.515	152,526.564	
04	T	287,000.000	2,500.000	284,500.000	1,707.000	282,793.000	620.941	282,172.059	
00	T	747,500.000	8,888.100	738,611.900	4,431.671	734,180.229	1,817.260	732,562.969	732,562.969

Notas al ejemplo 1:

1. En este arreglo se combinan medidores de EcATSP y EcATAR en alta y baja tensión, aunque una vez reflejada la lectura medida al lado de alta de cada transformador, los cálculos son idénticos que en los arreglos típicos.

c) Salamanca



Ejemplo 1:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		158,000
-	Cap. Efe.	T	02		158,000
-	Cap. Efe.	T	03		300,000
-	Cap. Efe.	T	04		250,000
COCCSLM0000101	Epu	T	01	0.6	155,000
COCCSLM0000201	Epu	T	02	0.6	157,000
COCCSLM0000301	Epu	T	03	0.6	295,000
COCCSLM0000401	Epu	T	04	0.6	248,000
COCCSLM0000103	EsTP	T	01		151,500
COCCSLM0000203	EsTP	T	02		153,800
COCCSLM0000303	EsTP	T	03		284,000
COCCSLM0000403	EsTP	T	04		243,300
COCCSLM0000105	EcATE	T	01		300
COCCSLM0000205	EcATE	T	02		450
COCCSLM0000405	EcATE	T	04		800
COCCSLM0000307	EcATSP	T	03		3,500
COCCSLM0000407	EcATSP	T	04		2,800
COCCSLM0000108	EcATSP	T	01	0.6	3,750
COCCSLM0000208	EcATSP	T	02	0.6	4,500
COCCSLM0000113	EcATAR	D	01 02 03 04		850
COCCSLM0000313	EcATAR	T	01 02 03 04		600

Datos Calculados										
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EcATE	EsTP	EsTP	EcATP	EcATAR	Eeu	EE
01	T	155,000,000	3,772,500	300,000	150,927,500	151,500,000	-572,500	108,772	151,391,228	
02	T	157,000,000	4,527,000	450,000	152,023,000	153,800,000	-1,777,000	110,175	153,889,825	
03	T	295,000,000	3,500,000	0,000	291,500,000	284,000,000	7,500,000	207,018	283,792,882	
04	T	248,000,000	2,800,000	800,000	244,400,000	243,300,000	1,100,000	174,035	243,125,965	
00	T	855,000,000	14,599,500	1,550,000	838,850,500	832,600,000	6,250,500	600,000	832,000,000	832,000,000

Datos Calculados			
#U	Clave de flujo	EcRDAR	EcRu
01	D	154.094	154.094
02	D	156.082	156.082
03	D	293.275	293.275
04	D	246.550	246.550
00	D	850.000	850.000

Ejemplo 2:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		158,000
-	Cap. Efe.	T	02		158,000
-	Cap. Efe.	T	03		300,000
-	Cap. Efe.	T	04		250,000
COCCSLM0000101	Epu	T	01	0.6	0
COCCSLM0000201	Epu	T	02	0.6	0
COCCSLM0000301	Epu	T	03	0.6	295,000
COCCSLM0000401	Epu	T	04	0.6	248,000
COCCSLM0000103	EsTP	T	01		0
COCCSLM0000203	EsTP	T	02		0
COCCSLM0000303	EsTP	T	03		284,000
COCCSLM0000403	EsTP	T	04		243,300
COCCSLM0000105	EcATE	T	01		300
COCCSLM0000205	EcATE	T	02		450
COCCSLM0000405	EcATE	T	04		800
COCCSLM0000307	EcATSP	T	03		3,500
COCCSLM0000407	EcATSP	T	04		2,800
COCCSLM0000108	EcATSP	T	01	0.6	3,750
COCCSLM0000208	EcATSP	T	02	0.6	4,500
COCCSLM0000113	EcATAR	D	01 02 03 04		850
COCCSLM0000313	EcATAR	T	01 02 03 04		600

Datos Calculados										
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EcATE	EcIP	EsTP	EcATP	EcATAR	Eeu	EE
01	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
02	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
03	T	295,000.000	8,008.936	407.459	286,583.605	284,000.000	2,583.605	325.967	283,674.033	
04	T	248,000.000	6,590.564	1,142.541	240,266.895	243,300.000	-3,033.105	274.033	243,025.967	
00	T	543,000.000	14,599.500	1,550.000	526,850.500	527,300.000	-449.500	600.000	526,700.000	526,700.000

Datos Calculados			
#U	Clave de flujo	EGRDAR	EcrU
01	D	154.094	154.094
02	D	156.082	156.082
03	D	293.275	293.275
04	D	248.550	248.550
00	D	850.000	850.000

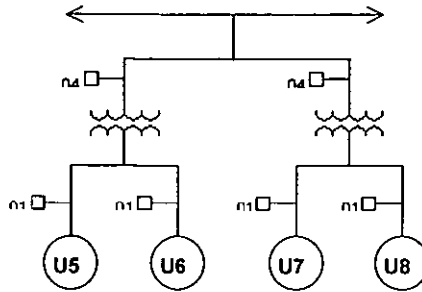
Ejemplo 3:

Datos Medidos v Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		158,000
-	Cap. Efe.	T	02		158,000
-	Cap. Efe.	T	03		300,000
-	Cap. Efe.	T	04		250,000
COCCSLM0000101	Epu	T	01	0.6	0
COCCSLM0000201	Epu	T	02	0.6	0
COCCSLM0000301	Epu	T	03	0.6	16,500
COCCSLM0000401	Epu	T	04	0.6	0
COCCSLM0000103	EsTP	T	01		0
COCCSLM0000203	EsTP	T	02		0
COCCSLM0000303	EsTP	T	03		330
COCCSLM0000403	EsTP	T	04		0
COCCSLM0000105	EcATE	T	01		300
COCCSLM0000205	EcATE	T	02		450
COCCSLM0000405	EcATE	T	04		800
COCCSLM0000307	EcATSP	T	03		3,500
COCCSLM0000407	EcATSP	T	04		2,800
COCCSLM0000108	EcATSP	T	01	0.6	3,750
COCCSLM0000208	EcATSP	T	02	0.6	4,500
COCCSLM0000113	EcATAR	D	01 02 03 04		850
COCCSLM0000313	EcATAR	T	01 02 03 04		600

Datos Calculados										
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EcATE	EsTP	EsTP	EcATP	EAOU	Eeu	EE
01	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
02	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
03	T	16,500.000	14,599.500	1,550.000	350.500	330.000	20.500	330.000	0.000	
04	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
00	T	16,500.000	14,599.500	1,550.000	350.500	330.000	20.500	330.000	0.000	0.000

Datos Calculados				
#U	Clave de flujo	EcRTAR	EcRDAR	EcRu
01	T/D	49.261	155.081	204.342
02	T/D	49.261	155.081	204.342
03	T/D	93.533	294.457	387.991
04	T/D	77.945	245.381	323.326
00	T/D	270.000	650.000	1,120.000

d) C.T.G. La Laguna

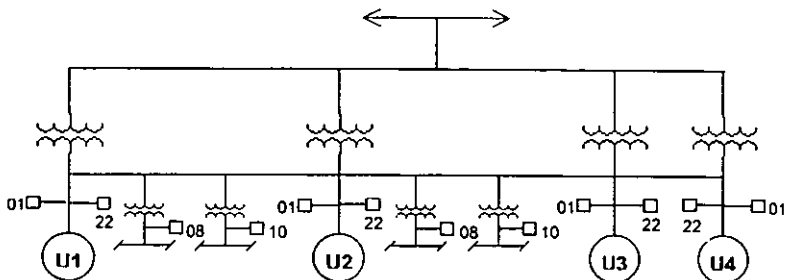


Ejemplo 1:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	05		50,000
-	Cap. Efe.	T	06		50,000
-	Cap. Efe.	T	07		50,000
-	Cap. Efe.	T	08		50,000
CNTEPGA0000501	Epu	T	05	0.6	48,000
CNTEPGA0000601	Epu	T	06	0.6	49,000
CNTEPGA0000701	Epu	T	07	0.6	46,000
CNTEPGA0000801	Epu	T	08	0.6	40,000
CNTEPGA0000504	EsTP	T	05 06		93,000
CNTEPGA0000704	EsTP	T	07 08		84,000

Datos Calculados							
#U	Clave de flujo	Epu	EeTP	EsTP	EcATP	Eau	EE
05	T	48,000,000	48,000,000	48,020,619	1,979,381	46,020,619	
06	T	49,000,000	49,000,000	46,979,381	2,020,619	46,979,381	
07	T	46,000,000	46,000,000	44,930,233	1,069,767	44,930,233	
08	T	40,000,000	40,000,000	39,069,767	930,233	39,069,767	
00	T	183,000,000	183,000,000	177,000,000	6,000,000	177,000,000	177,000,000

e) Mazatepec



Ejemplo 1:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		55,000
-	Cap. Efe.	T	02		55,000
-	Cap. Efe.	T	03		55,000
-	Cap. Efe.	T	04		55,000
CORIMZT0000101	Epu	T	01	1.0	54,000
CORIMZT0000201	Epu	T	02	1.0	52,000
CORIMZT0000301	Epu	T	03	1.0	50,000
CORIMZT0000401	Epu	T	04	1.0	48,000
CORIMZT0000108	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	800
CORIMZT0000208	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	650
CORIMZT0000110	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	740
CORIMZT0000210	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	630
CORIMZT0000122	EaCS	T	01	1.0	0
CORIMZT0000222	EaCS	T	02	1.0	0
CORIMZT0000322	EaCS	T	03	1.0	0
CORIMZT0000422	EaCS	T	04	1.0	0

Datos Calculados									
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EeTP	EcATP	EsTP	EaCS	Eeu	EE
01	T	54,000,000	753,935	53,246,065	532,461	52,713,604	0.000	52,713,604	
02	T	52,000,000	728,912	51,273,988	512,740	50,791,248	0.000	50,791,248	
03	T	50,000,000	898,088	49,301,912	493,019	48,808,893	0.000	48,808,893	
04	T	48,000,000	870,165	47,329,835	473,298	46,856,537	0.000	46,856,537	
00	T	204,000,000	2,848,200	201,151,800	2,011,518	199,140,282	0.000	199,140,282	199,140,282

Ejemplo 2:

Datos Medidos v Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		55,000
-	Cap. Efe.	T	02		55,000
-	Cap. Efe.	T	03		55,000
-	Cap. Efe.	T	04		55,000
CORIMZT0000101	Epu	T	01	1.0	4,000
CORIMZT0000201	Epu	T	02	1.0	52,000
CORIMZT0000301	Epu	T	03	1.0	50,000
CORIMZT0000401	Epu	T	04	1.0	48,000
CORIMZT0000108	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	800
CORIMZT0000208	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	650
CORIMZT0000110	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	740
CORIMZT0000210	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	630
CORIMZT0000122	EaCS	T	01	1.0	10,000
CORIMZT0000222	EaCS	T	02	1.0	0
CORIMZT0000322	EaCS	T	03	1.0	0
CORIMZT0000422	EaCS	T	04	1.0	0

Datos Calculados									
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EeTP	EcATP	EsTP	EaCS	Eeu	EE
01	T	4,000,000	73,979	3,926,021	39,280	3,886,761	3,886,761	0,000	
02	T	52,000,000	961,730	51,038,270	510,383	50,527,887	2,153,923	48,373,964	
03	T	50,000,000	924,740	49,075,260	490,753	48,584,507	2,071,080	46,513,427	
04	T	48,000,000	887,751	47,112,249	471,122	46,641,127	1,988,237	44,652,890	
00	T	154,000,000	2,848,200	151,151,800	1,511,518	149,640,282	10,100,000	139,540,282	139,540,282

Notas al ejemplo 2:

1. Toda la energía generada por la unidad 1 se usa para el suministro de la EaCS, la energía restante es aportada por las unidades 2, 3 y 4, se proratea con base en la Epu de éstas unidades.

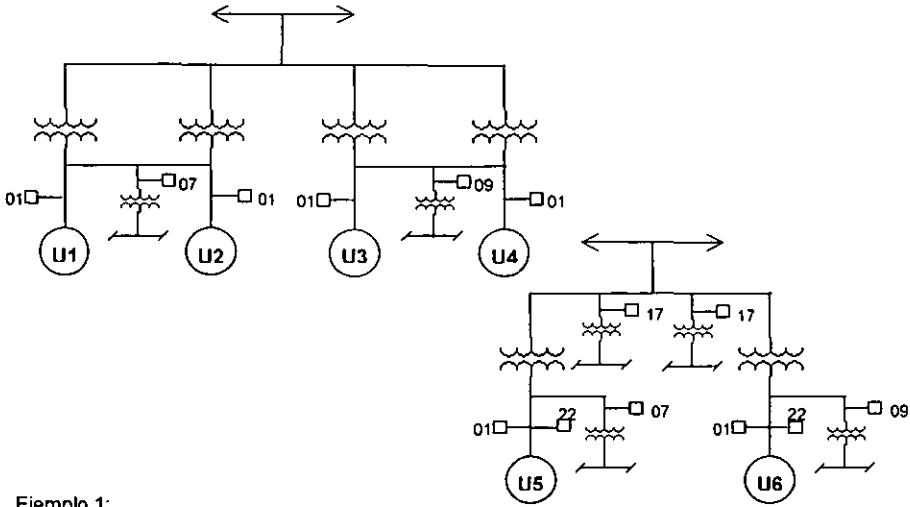
Ejemplo 3:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	T	01		55,000
-	Cap. Efe.	T	02		55,000
-	Cap. Efe.	T	03		55,000
-	Cap. Efe.	T	04		55,000
CORIMZT0000101	Epu	T	01	1.0	0
CORIMZT0000201	Epu	T	02	1.0	0
CORIMZT0000301	Epu	T	03	1.0	4,000
CORIMZT0000401	Epu	T	04	1.0	0
CORIMZT0000108	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	800
CORIMZT0000208	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	650
CORIMZT0000110	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	740
CORIMZT0000210	EcATSP	T	01 02 03 04	1.0	630
CORIMZT0000122	EaCS	T	01	1.0	1,200
CORIMZT0000222	EaCS	T	02	1.0	1,500
CORIMZT0000322	EaCS	T	03	1.0	900
CORIMZT0000422	EaCS	T	04	1.0	1,400

Datos Calculados									
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EeTP	EcATP	EsTP	EaCS	Eeu	EE
01	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
02	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
03	T	4,000.000	2,848.200	1,151.800	11,518	1,140.282	1,140.282	0.000	
04	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
00	T	4,000.000	2,848.200	1,151.800	11,518	1,140.282	1,140.282	0.000	0.000

Datos Calculados			
#U	Clave de flujo	EcRTCS	EcRu
01	T	880.718	880.718
02	T	1,515.000	1,515.000
03	T	0.000	0.000
04	T	1,414.000	1,414.000
00	T	3,909.718	3,909.718

f) Temascal

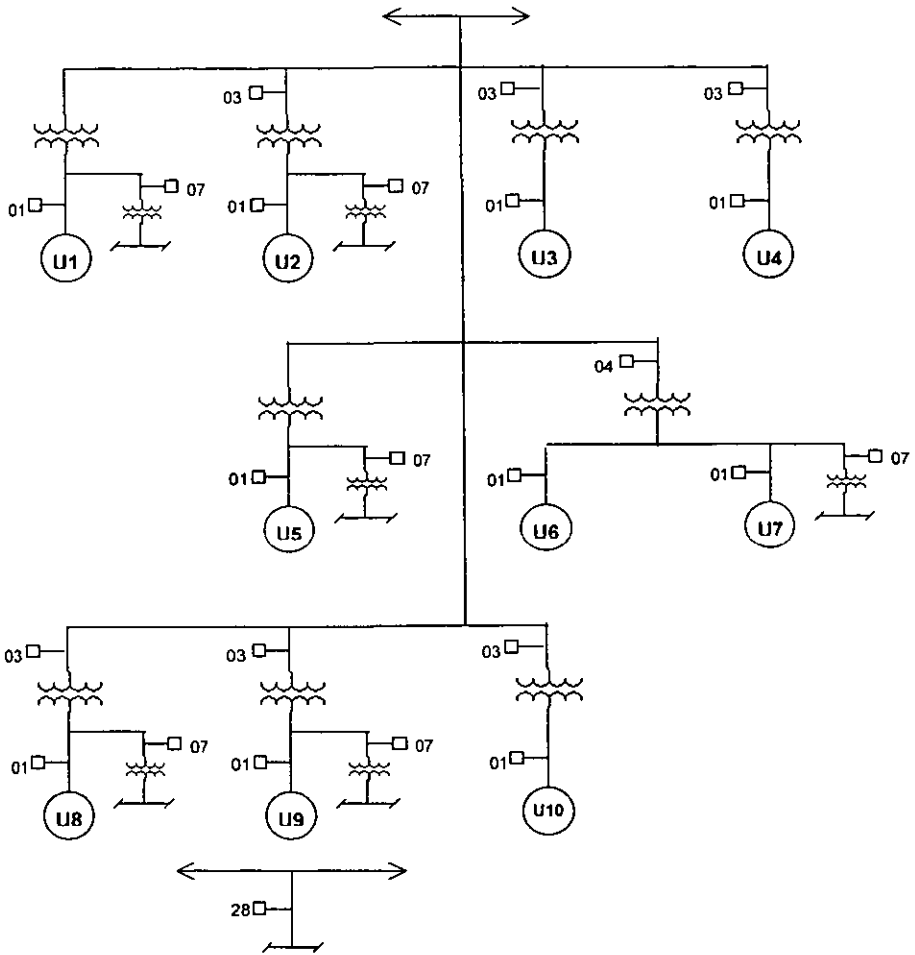


Ejemplo 1:

Datos Medidos v Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	D	01		38,500
-	Cap. Efe.	D	02		38,500
-	Cap. Efe.	D	03		38,500
-	Cap. Efe.	D	04		38,500
-	Cap. Efe.	T	05		100,000
-	Cap. Efe.	T	06		100,000
CORITMU0000101	Epu	D	01	0	35,000
CORITMU0000201	Epu	D	02	0	37,000
CORITMU0000301	Epu	D	03	0	37,000
CORITMU0000401	Epu	D	04	0	38,000
CORITMU0000501	Epu	T	05	0.15	99,000
CORITMU0000601	Epu	T	06	0.15	98,000
CORITMU0000207	EcATSP	D	01 02		2,000
CORITMU0000309	EcATSP	D	03 04		3,000
CORITMU0000507	EcATSP	T	05		1,500
CORITMU0000609	EcATSP	T	06		1,400
CORITMU0000517	EcATA	T	05 06		800
CORITMU0000617	EcATA	T	05 06		700
CORITMU0000522	EaCS	T	05	0.15	0
CORITMU0000622	EaCS	T	06	0.15	0

Datos Calculados									
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EeTP	EcATP	EsTP	EaCS	Eeu	EE
01	D	35,000.000	972.222	34,027.778	0.000	34,027.778	0.000	34,027.778	
02	D	37,000.000	1,027.778	35,972.222	0.000	35,972.222	0.000	35,972.222	
03	D	37,000.000	1,480.000	35,520.000	0.000	35,520.000	0.000	35,520.000	
04	D	38,000.000	1,520.000	36,480.000	0.000	36,480.000	0.000	36,480.000	
05	T	99,000.000	1,500.000	97,500.000	146.250	97,353.750	0.000	97,353.750	
06	T	98,000.000	1,400.000	96,600.000	144.800	96,455.100	0.000	96,455.100	
09	D	147,000.000	5,000.000	142,000.000	0.000	142,000.000	0.000	142,000.000	142,000.000
00	T	197,000.000	2,900.000	194,100.000	291.150	193,808.850	0.000	193,808.850	193,808.850

g) Samalayuca



Ejemplo 1:

Datos Medidos y Características de la Central					
Clave medidor	Variable	Clave de flujo	Unidades Relacionadas	% de pérdidas	Valor
-	Cap. Efe.	D	01		18,000
-	Cap. Efe.	D	02		27,900
-	Cap. Efe.	D	03		27,900
-	Cap. Efe.	D	04		51,750
-	Cap. Efe.	D	05		22,525
-	Cap. Efe.	D	06		22,525
-	Cap. Efe.	D	07		22,525
-	Cap. Efe.	D	08		51,750
-	Cap. Efe.	D	09		51,750
-	Cap. Efe.	D	10		51,750
CCELSMA0000101	Epu	D	01	0.6	17,500
CCELSMA0000201	Epu	D	02	0.6	27,000
CCELSMA0000301	Epu	D	03	0.6	25,000
CCELSMA0000401	Epu	D	04	0.6	51,000
CCELSMA0000501	Epu	D	05	0.6	20,000
CCELSMA0000601	Epu	D	06	0.6	18,000
CCELSMA0000701	Epu	D	07	0.6	22,000
CCELSMA0000801	Epu	D	08	0.6	50,000
CCELSMA0000901	Epu	D	09	0.6	45,000
CCELSMA0001001	Epu	D	10	0.6	51,000
CCELSMA0000203	EsTP	D	02		25,000
CCELSMA0000303	EsTP	D	03		23,500
CCELSMA0000403	EsTP	D	04		49,500
CCELSMA0000803	EsTP	D	08		48,500
CCELSMA0000903	EsTP	D	09		44,000
CCELSMA0001003	EsTP	D	10		49,000
CCELSMA0000604	EsTP	D	06 07		38,000
CCELSMA0000107	EcATSP	D	01		1,500
CCELSMA0000207	EcATSP	D	02		1,800
CCELSMA0000507	EcATSP	D	05		3,000
CCELSMA0000607	EcATSP	D	06 07		1,800
CCELSMA0000807	EcATSP	D	08		800
CCELSMA0000907	EcATSP	D	09		600
CCELSMA0000928	EcRDT2	D	00		1,500

Datos Calculados										
#U	Clave de flujo	Epu	EcATSP	EeTP	EcATP (previo)	EsTP	EcATP	Eeu	EE	EcRu
01	D	17,500.000	1,500.000	16,000.000	96.000	15,804.000	96.000	15,808.000		77,503
02	D	27,000.000	1,800.000	25,200.000	151.200	25,000.000	200.000	24,800.000		129,129
03	D	25,000.000	0.000	25,000.000	150.000	23,500.000	1,500.000	22,000.000		129,129
04	D	51,000.000	0.000	51,000.000	306.000	49,500.000	1,500.000	48,000.000		222,820
05	D	20,000.000	3,000.000	17,000.000	102.000	16,898.000	102.000	16,796.000		96,986
06	D	18,000.000	810.000	17,190.000	103.140	17,100.000	80.000	17,010.000		96,986
07	D	22,000.000	990.000	21,010.000	126.060	20,800.000	110.000	20,790.000		96,986
08	D	50,000.000	800.000	49,200.000	295.200	48,500.000	700.000	47,800.000		222,820
09	D	45,000.000	600.000	44,400.000	268.400	44,000.000	400.000	43,600.000		222,820
10	D	51,000.000	0.000	51,000.000	306.000	49,000.000	2,000.000	47,000.000		222,820
00	D	326,500.000	9,500.000	317,000.000	1,902.000	310,302.000	6,698.000	303,604.000	303,604.000	1,500.000

ESTA TESIS NO SALE
DE LA PROPRIEDAD DE

3. Algoritmo Genérico

El objetivo que persigue este capítulo es estructurar el algoritmo de cálculo del balance de energía, como un método único aplicable para cualquier central generadora, planteando los diagramas adecuados para simplificar el análisis y estableciendo los pasos a seguir para generalizar el cálculo y cuestiones como el manejo de las distintas configuraciones eléctricas a través de los datos asociados a los medidores. Todo esto relacionado al desarrollo informático, aplicado en la versión 4.2 del SIMO y en el proyecto SIME, en donde se implementaron rutinas para el cálculo de balance de energía idénticas a las estudiadas en este capítulo.

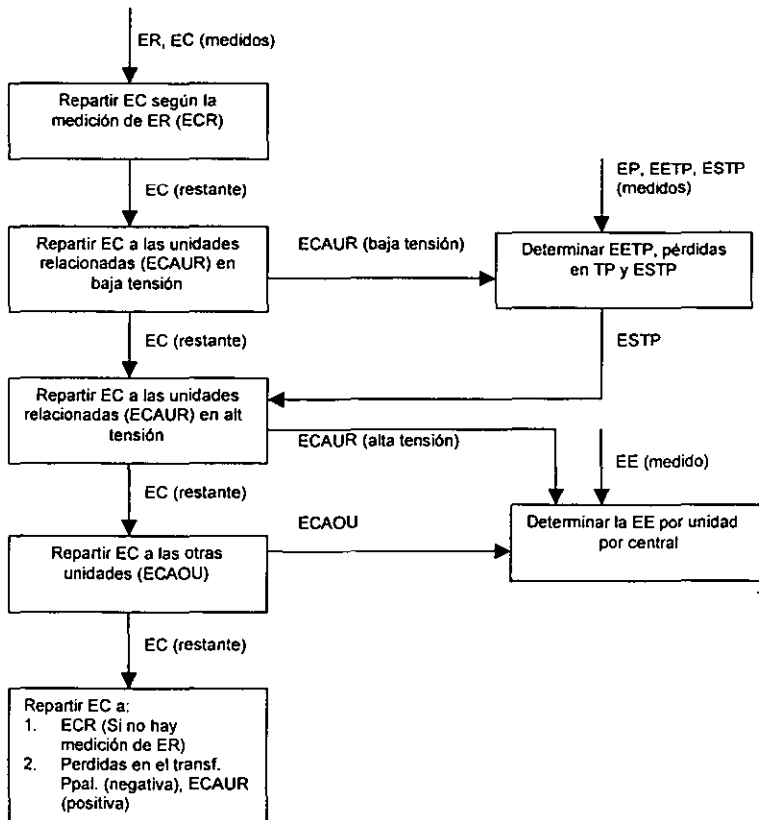
3.1 Secuencia Lógica de Cálculo

Se advierte de todos los diagramas unifilares que existen posibles consumos de energía tanto en el lado de baja tensión como en el de alta tensión de los transformadores principales, también que los consumos en alta tensión tienen siempre relacionadas todas las unidades, pero que los buses del lado de baja pueden tener relacionadas solo una parte de las unidades dependiendo de la configuración eléctrica de la central. La forma más natural para realizar el cálculo del balance será usando primero la energía producida para abastecer los consumos en el lado de baja tensión y después la energía restante para abastecer los consumos en alta tensión. Teniendo en cuenta lo anterior y las siguientes definiciones se plantea el diagrama de bloques de la secuencia de cálculo:

$$E. Consumida Medida = E. Consumida Autoabastecida + E. Consumida Recibida$$

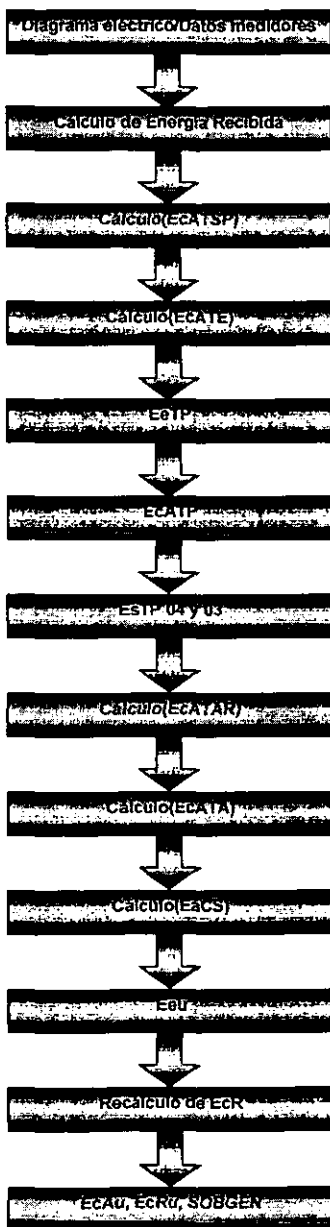
$$E. Consumida Autoabastecida = E. C. A. a Unidades Relacionadas + E. C. A. a Otras Unidades$$

$$E. Entregada = E. Producida - E. Consumida Autoabastecida$$



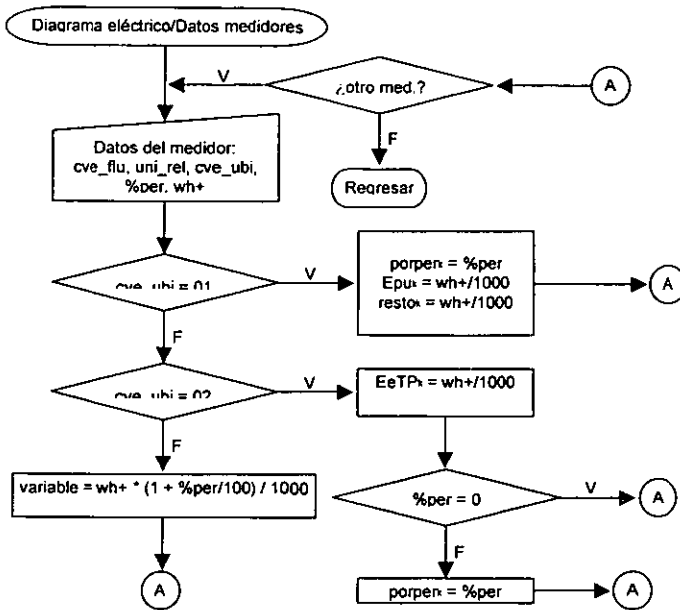
3.2 Diagrama de Bloques

Este diagrama representa el programa principal para el cálculo del balance, que será detallado en el tema 3.3.

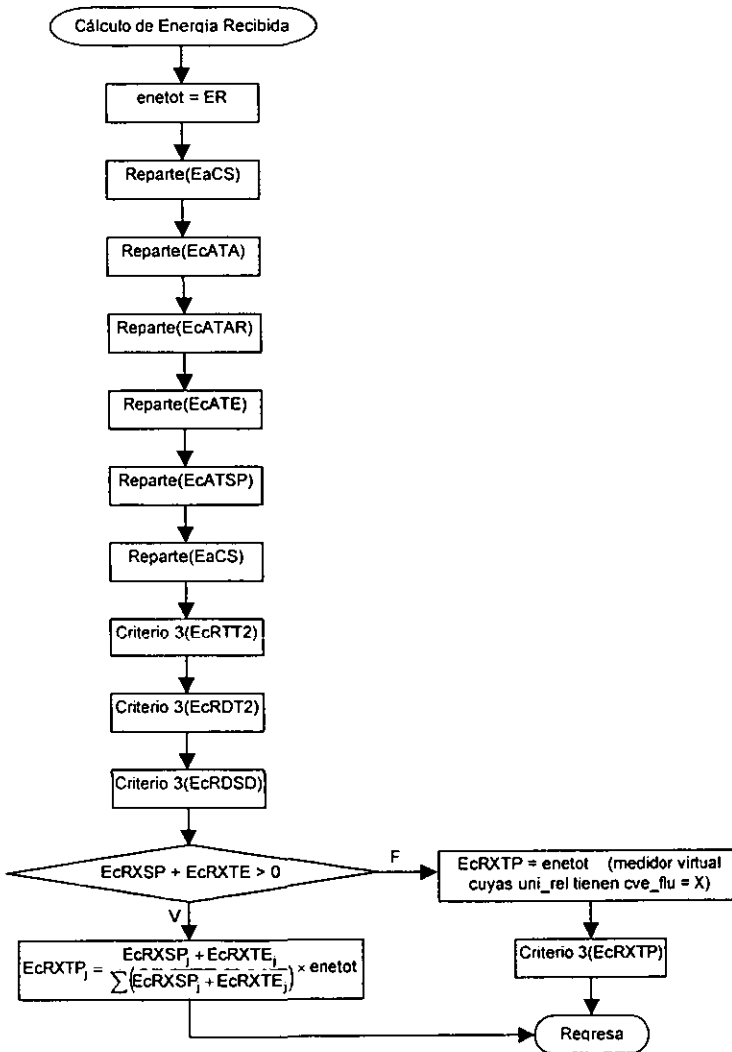


3.3 Diagrama de Flujo

A continuación se incluye el diagrama de flujo completo, usado para elaborar el programa informático del nodo de instalación. En él se utilizaron convenciones especiales, que serán explicadas a lo largo del mismo. Cada rutina representa el detalle del diagrama de bloques del tema 3.2.

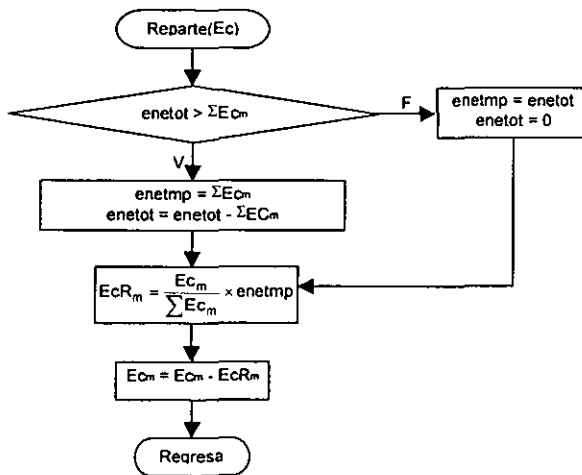


Cada medidor posee 5 características fundamentales: *cve_flu*, *uni_rel*, *cve_ubi*, *%per* y *wh+* (clave de flujo, unidades relacionadas, clave de ubicación, porcentaje de pérdidas y energía medida respectivamente). Se puede ver en este diagrama de flujo que se adquieren de la entrada estándar estas 5 propiedades para cada medidor, en adelante cuando se hable de datos medidos nos referiremos a todos los datos relacionados con un medidor, el subíndice "k" en este diagrama se refiere al número de la unidad al que se relaciona el medidor de Epu y EeTP en cada caso.

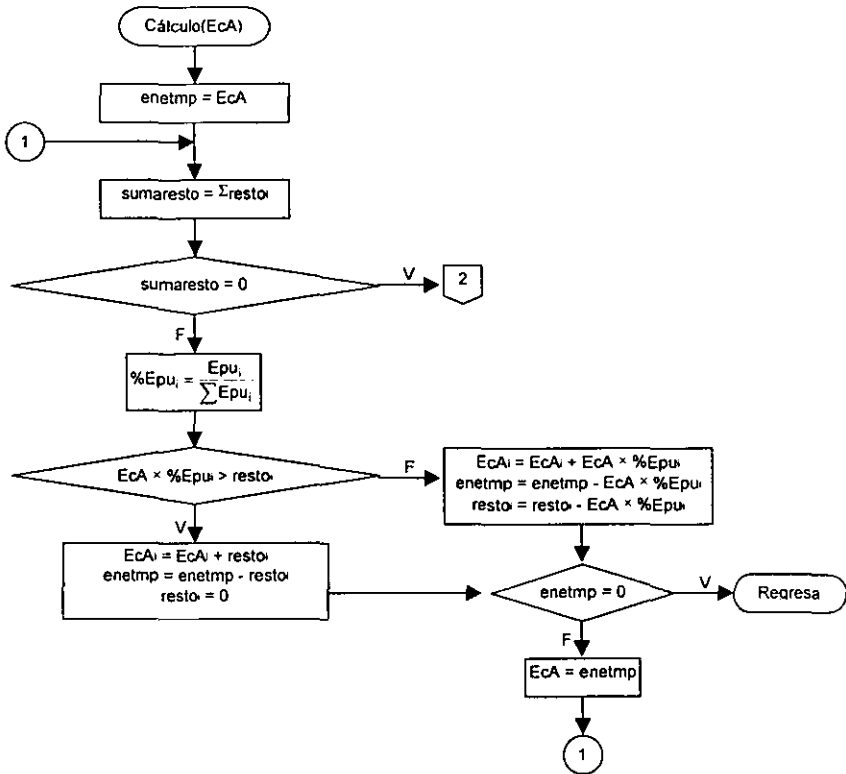


En este diagrama se hacen llamados a las rutinas Reparte() y Criterio 3(), para cada uno de los medidores cuyas claves de ubicación están especificadas entre paréntesis, esto quiere decir que cada proceso es en realidad un ciclo que se repite tantas veces como medidores existan del tipo que se especifica entre paréntesis. La letra X en EcRXSP, EcRXTE y EcRXTP representa la clave de flujo del proceso al que está asociado cada medidor, el subíndice "j" indica un número de unidad

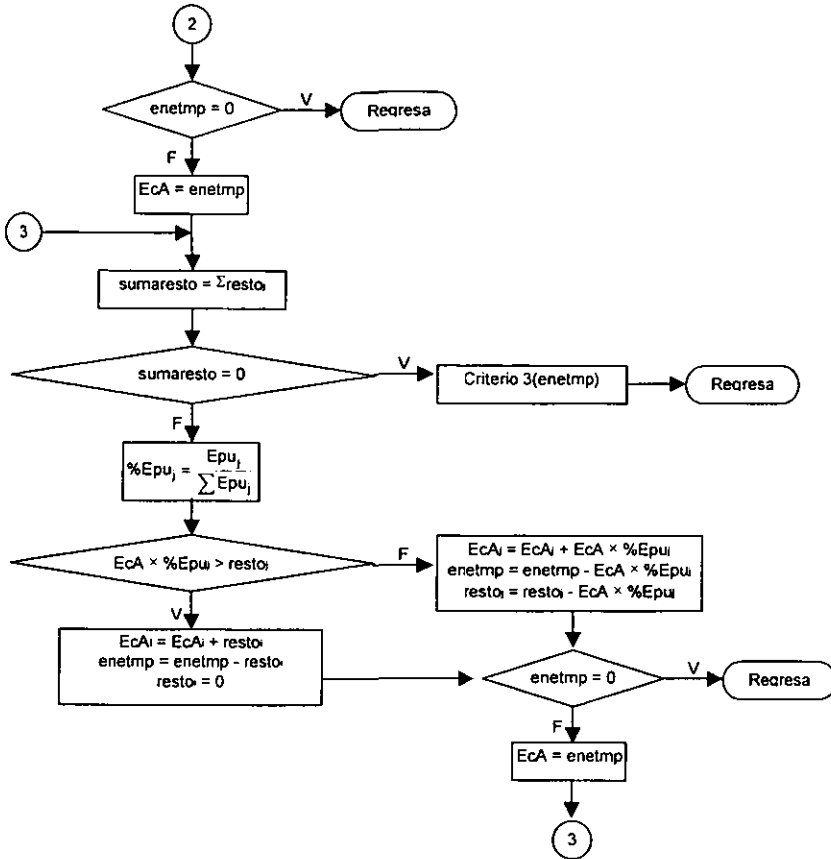
unidades cuyo proceso asociado es igual a X, es decir, el cuadro del proceso aplica sólo para las unidades que alimentan a la misma clave de flujo. Se crea un "medidor" virtual de pérdidas en el TP de energía recibida, para ajustar toda la energía recibida que no fue repartida a ningún consumo medido, estas pérdidas se prorratan con base en la medición de consumo en el transformador de servicios propios y de excitación, en caso de no existir medidores de estos tipos, se usa el llamado criterio3 de prorrato de energía, que se explicará más adelante.



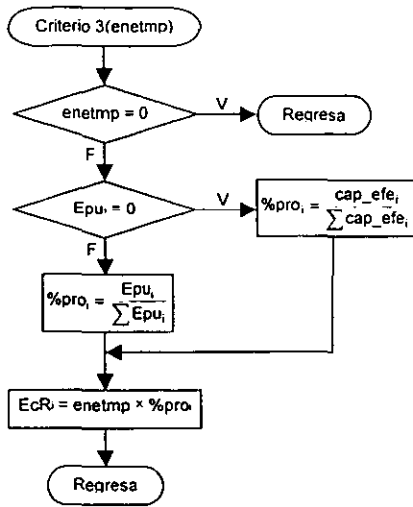
En este diagrama se usa el subíndice "m" para indicar que ese proceso aplica para cada medidor, así que cada uno de los procesos puede representar un ciclo que se repite tantas veces como medidores existan, del tipo que se está procesando.



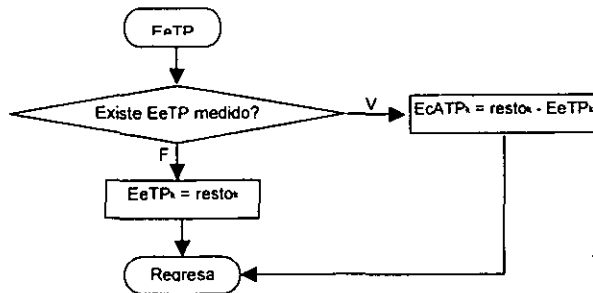
Esta es la primer parte de la rutina que representa la repartición de la energía consumida medida a cada una de las unidades relacionadas, representadas por el subíndice "i", la variable resto sirve para contar con un registro de cuanta energía producida se ha usado para abastecer cada uno de los consumos medidos, en caso de que la toda la energía producida de las unidades relacionadas haya sido usada para abastecer consumos, se ejecutará la segunda parte de esta rutina, mostrada en la página siguiente y que guarda la misma lógica que esta parte, pero realizando los cálculos con el subíndice "j", que representa todas las unidades cuya clave de flujo es igual a la del medidor que se está procesando. La rutina se ejecuta tantas veces como medidores cuyo tipo sea especificado entre paréntesis desde la llamada hecha en el proceso principal (véase diagrama de bloques).



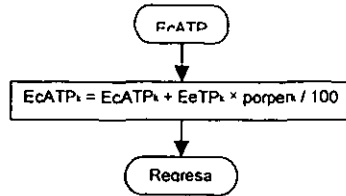
En caso de que toda la energía producida por todas las unidades relacionadas al proceso del medidor (representadas por el subíndice "j"), haya sido usada para abastecer los consumos medidos, y aún existan consumos que no han sido tomados en cuenta para el cálculo del balance, se prorratearan como consumos recibidos usando el criterio 3.



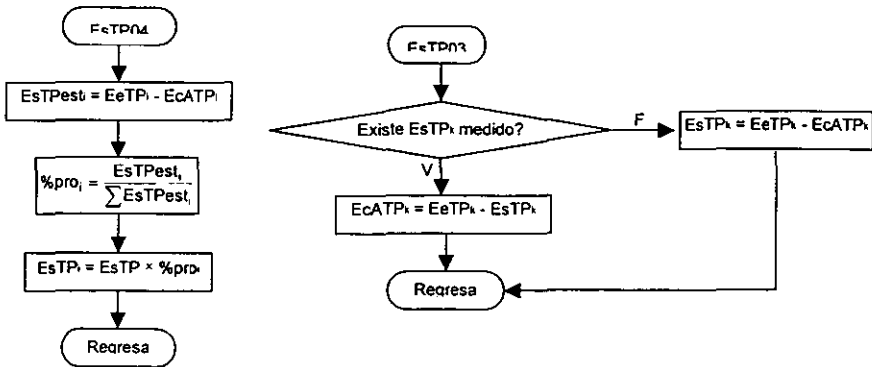
Esta rutina es usada para prorratear a las unidades relacionadas al medidor (representadas por el subíndice "i"), los consumos recibidos de otro proceso, primero con base en la Epu de esas unidades y de no existir energía producida, con base en la capacidad efectiva de las unidades citadas.



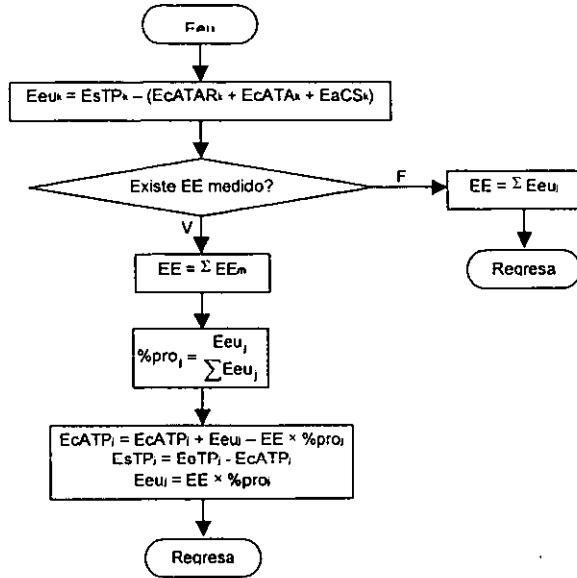
De no existir medición de EeTP, será la energía que no ha sido abastecida (resto) de cada unidad (representada por el subíndice "k"), en el momento de la llamada a esta rutina desde el programa principal (véase el diagrama de bloques). En caso de existir medición se ajustan las diferencias usando la variable de pérdidas en el TP.



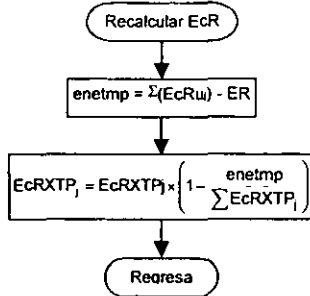
A las pérdidas calculadas hasta este momento (véase la rutina EeTP), se les adicionan las pérdidas en el TP con la fórmula del proceso. Como se ha visto hasta el momento, y como en todo el diagrama de flujo se usa el subíndice "k" para denotar que este proceso aplica para todas las unidades, así que el proceso resume un ciclo que se repite tantas veces como unidades existan en la central.



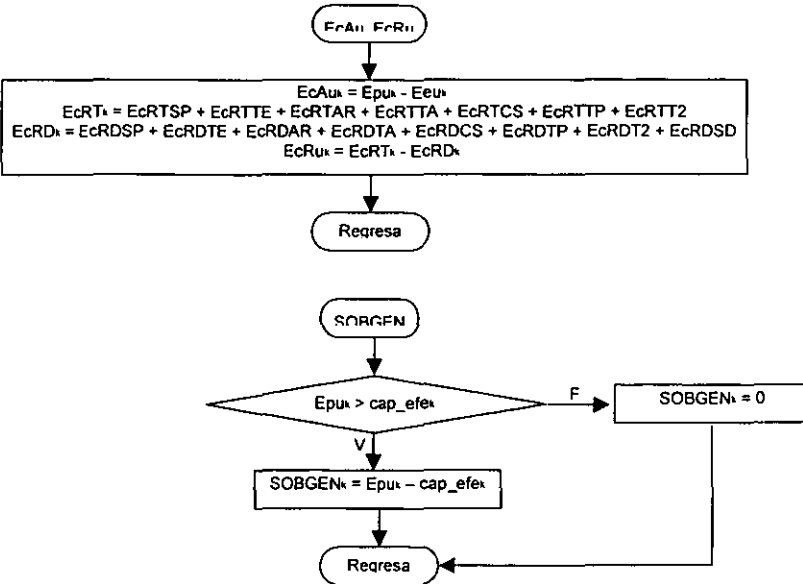
Para el cálculo de la EsTP, primero se ejecuta la rutina EsTP04 para todos los medidores del tipo 04, obteniendo como resultado la EsTP para cada unidad relacionada (representadas con el subíndice "i"), como si se tratara de EsTP censado por un medidor de tipo 03 y luego EsTP03 para todos los medidores del tipo 03 y para los datos resultantes de la rutina EsTP04, obteniendo también un ajuste de la EcATP de cada unidad. En caso de que en alguna unidad no exista medidor la EsTP se obtiene por medio de una fórmula.



Primero se calcula la Eeu por medio de una fórmula, en caso de no existir EE medido el EE se calcula por fórmula, si hay medición se recalculan la Eeu, la EsTP y la EcATP de todas las unidades cuya clave de flujo es la misma que la del medidor de EE (representadas por el subíndice "j"), prorateando la medición con base en la Eeu calculada previamente por fórmula.



De existir medición de ER se debe recalcular la EcRXTP para todas las unidades que alimentan al mismo proceso, porque después de la aplicación del algoritmo es posible que los consumos recibidos calculados hayan sido modificados, y son ajustados por medio de las pérdidas en transformación.



Estas dos rutinas calculan datos acumulados y operativos de todas las unidades de la central, representadas por el subíndice "k".

4. Aplicaciones Computacionales

Hasta el momento se han discutido los datos de entrada, el proceso de cálculo y los resultados que se obtienen de la aplicación del algoritmo. En este capítulo se estudian las formas en que cada uno de estos procesos se llevan a cabo, empezando por la adquisición de los datos desde los medidores, incluyendo el código fuente completo del módulo de pruebas para la validación del algoritmo y los reportes de conciliación que se obtienen para acordar las cantidades de energía que fluyen entre los diferentes procesos, todo esto enfocado por supuesto desde el punto de vista computacional, porque como es natural, este algoritmo y toda la información asociada es controlada por medio de computadoras.

4.1 Adquisición de Datos de Medidores

Las principales herramientas para el cálculo del balance de energía en la CFE son el Sistema de Informe Mensual de Operación y el Nodo de Instalación del Sistema Integral de Medición. Los datos de entrada relacionados a este cálculo se capturan de diferentes formas y con diferente periodicidad, cuando se trata de la configuración eléctrica de la central, es decir, la información como capacidad efectiva de las unidades, claves de medidores, unidades relacionadas, procesos asociados y porcentos de pérdidas, se capturan todas manualmente y se actualizan cada que exista un cambio en la central. La energía censada por los medidores es información que puede ser capturada manual y automáticamente.

Para el Sistema de Informe Mensual de Operación, la captura manual puede ser horaria o diaria, dependiendo la disponibilidad de la información en la central, en el caso de la captura diaria, la información no es suficiente como para garantizar que los resultados de la aplicación del algoritmo es fiel a las condiciones operativas de la central, sobretodo en casos en que la central cambia de condiciones operativas en periodos de tiempo menores a un día, es decir centrales que pueden entrar y salir de línea varias veces en un día. La captura horaria garantiza una mayor exactitud en la aplicación del algoritmo y una interpretación más precisa de las condiciones operativas de la central en periodos de tiempo de hasta una hora, se lleva a cabo de diversas maneras, las más típicas son mediante la interrogación directa de los medidores mediante un software instalado en una computadora portátil, que se conecta con un cable serial a cada medidor, para extraer la información de cada medidor por separado, otra manera de obtener la información es mediante un nodo de instalación, que se describirá mas adelante en este mismo capítulo.

El archivo que contiene los datos de cada medidor para la captura automática debe cubrir las siguientes características:

El nombre del archivo consta de siete caracteres, los primeros tres son la clave de la central, los cuatro siguientes corresponden a la fecha de generación del archivo con el formato "MMDD", con una extensión de tres caracteres "DAT". Por ejemplo: el archivo que contiene los datos de energías censadas en todos los medidores de la Central Ciclo Combinado Tula, el día 3 de Octubre de 1999 debe tener como nombre TCC1003.DAT.

El contenido del archivo esta en código ASCII, con tantas líneas como medidores existan en la central, los primeros catorce caracteres de cada línea son la clave de localización del medidor, a continuación se deben incluir veinticuatro columnas de dieciséis caracteres cada una, que contienen las energías censadas por el medidor al que se refiera la clave, ordenadas desde la primer hora del día hasta la última, dadas en KWH.

Enseguida se muestra un ejemplo de algunas líneas que contienen parte de los datos del archivo antes citado:

CCELTCC0000101	69235	68567	68532		
CCELTCC0000201	73568	80195	75681		
CCELTCC0000301	35048	38486	33248		
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012					
1	2	3	4	5	6

Las últimas dos líneas del ejemplo son únicamente para apoyo visual, para facilitar el conteo de las columnas, la primera es para las unidades y la segunda para las decenas y no se deben incluir en el archivo.

Cualquiera que sea la forma de adquisición de los datos, deberá generar un archivo que cumpla con este estándar diariamente, para capturar esta información en la base de datos de la central y poder calcular el balance de energía de manera horaria.

4.2 Programación en Lenguaje Informix

En esta sección se incluye el código fuente completo del módulo de pruebas del algoritmo de cálculo de balance de energía para centrales generadoras, esta escrito en lenguaje Informix, sirvió de base para probar el algoritmo antes de su implantación en el Sistema de Informe Mensual de Operación (SIMO) versión 4.2 y corresponde al algoritmo implantado en esa versión del SIMO para todas las centrales del país y al empleado en el proyecto del Sistema Integral de Medición (SIME). Se corrió este programa para resolver todos los ejemplos incluidos en este trabajo, obteniendo exactamente los mismos resultados, a excepción de aquellos ejemplos en que se especifica lo contrario. Se trata de dos archivos llamados "mpbalen1.4gl" y "mpbalen2.4gl":

MPBALEN1.4GL

```
GLOBALS
DEFINE
  dtmp    DATE,
  c1      CHAR(1),
  nomrec  CHAR(6),
  c5      CHAR(5),
  c8      CHAR(8),
  c80     CHAR(80),
  argumento, nr, existe, i, j, k SMALLINT,
  are     CHAR(3),
  cen     CHAR(3),
  enepro, enepar, enesum, enetmp, enetot,
  propor, proacu, propar DECIMAL(30,20),
  rint RECORD
    nom_var CHAR(6),
    cve_flu CHAR(1),
    uni_rel CHAR(50),
    energia DECIMAL(14,4)
  END RECORD,
  rmed ARRAY(41) OF RECORD
    c      CHAR(1),
    are    CHAR(3),
    cen    CHAR(3),
    uni    CHAR(5),
    cve_ubi CHAR(2),
    nom_var CHAR(6),
    cve_flu CHAR(1),
    uni_rel CHAR(50),
    por_per FLOAT,
    enermed FLOAT
  END RECORD,
  refe ARRAY(41) OF RECORD
    uni    CHAR(2),
    cap_efe FLOAT
  END RECORD,
  rtot RECORD
    cve_flu CHAR(1),
    epu_tot DECIMAL(14,4),
    eca_tot DECIMAL(14,4),
    eeu_tot DECIMAL(14,4),
    ecr_tot DECIMAL(14,4)
  END RECORD,
  rbal ARRAY(40) OF RECORD
    col1 DECIMAL(14,4),
    col2 DECIMAL(14,4),
    col3 DECIMAL(14,4),
    col4 DECIMAL(14,4),
    col5 DECIMAL(14,4),
    col6 DECIMAL(14,4),
    col7 DECIMAL(14,4)
  END RECORD
END GLOBALS
```

```

MAIN
  OPTIONS
    ACCEPT KEY F10,
    MESSAGE LINE LAST,
    PROMPT LINE LAST,
    INPUT WRAP,
    FORM LINE 2
    DEFER INTERRUPT
  DISPLAY "Creando MP.DBS..."
  WHENEVER ERROR CALL creabase
  DATABASE mp
  WHENEVER ERROR CALL menserr
  DECLARE cmed1 SCROLL CURSOR FOR SELECT *
    INTO rmed[41].uni, rmed[41].cve_ubi, rmed[41].cve_flu,
    rmed[41].uni_rel, rmed[41].por_per, rmed[41].enermed
  FROM tmed
  ORDER BY cve_ubi, uni_rel
  DECLARE cmed2 CURSOR FOR SELECT uni_rel INTO rmed[41].uni_rel FROM tmed
  WHERE cve_ubi = "01" ORDER BY uni_rel
  DECLARE cmed3 CURSOR FOR SELECT *
    INTO rmed[41].uni, rmed[41].cve_ubi, rmed[41].cve_flu,
    rmed[41].uni_rel, rmed[41].por_per, rmed[41].enermed
  FROM tmed
  WHERE cve_ubi = "CE"
  ORDER BY uni_rel
  DECLARE cbal CURSOR FOR SELECT cve_flu, SUM(energia)
  INTO rtot.cve_flu, rtot.epu_tot FROM tint
  WHERE nom_var = "Epu"
  GROUP BY cve_flu
  LET argumento = 1
  WHILE TRUE
    OPEN cmed1
    LET c8 = NULL
    LET c8 = arg_val(argumento)
    LET argumento = argumento + 1
    IF LENGTH(c8) > 0 THEN
      DELETE FROM tare
      DELETE FROM tmed
      DELETE FROM tefe
      DELETE FROM tint
      LET c80 = "if exist tmed.dat del tmed.dat"
      RUN c80
      LET c80 = "copy ", c8 CLIPPED, ".ene tmed.dat"
      RUN c80
      RUN "dbload -d mp -c tmed.sim -l tmed.log > basura.tmp"
      DATABASE mp
      DELETE FROM tmed WHERE cve_ubi = " "
      LET i = 1
      FOREACH cmed3
        LET refe[i].uni = rmed[41].uni_rel[1,2]
        LET refe[i].cap_sfe = rmed[41].enermed
        LET i = i + 1
      END FOREACH
    ELSE
      CALL pidearecen()
      CALL pidemeds()
      CALL pidecapefe()
    END IF
    CALL dejadatos()
    CALL integra()
    CALL muestrabal()
    CLOSE cmed1
  END WHILE
  CALL fin()
END MAIN

```

```

FUNCTION creabase()
CREATE DATABASE mp
CREATE TABLE tare
(are CHAR(3) NOT NULL, cen CHAR(3) NOT NULL)
CREATE UNIQUE INDEX iare on tare
(are, cen)
CREATE TABLE tmed
(uni CHAR(5) NOT NULL,
cve_ubi CHAR(2) NOT NULL,
cve_flu CHAR(1) NOT NULL,
uni_rel CHAR(50) NOT NULL,
por_per FLOAT NOT NULL,
enermed FLOAT NOT NULL)
CREATE UNIQUE INDEX ined on tmed
(uni, cve_ubi, cve_flu, uni_rel)
CREATE TABLE tefa
(uni CHAR(2) NOT NULL,
cap_efe FLOAT NOT NULL)
CREATE TABLE tint
(nom_var CHAR(6) NOT NULL,
cve_flu CHAR(1) NOT NULL,
uni_rel CHAR(50) NOT NULL,
energia DECIMAL(14,4) NOT NULL)
CREATE UNIQUE INDEX tint on tint
(nom_var, cve_flu, uni_rel)
DATABASE mp
END FUNCTION
FUNCTION menserr()
RUN "cls"
ERROR " Error inesperado " ATTRIBUTE (WHITE, REVERSE)
CALL fin()
END FUNCTION
FUNCTION pidearecen()
LET c80 = "SUBDIRECCION DE GENERACION"
LET i = 40 - LENGTH(c80) / 2
DISPLAY c80 AT 1, i ATTRIBUTE(YELLOW, NORMAL)
LET c80 = "MODULO DE PRUEBA DEL ALGORITMO PARA EL CALCULO DEL BALANCE DE ENERGIA"
LET i = 40 - LENGTH(c80) / 2
DISPLAY c80 AT 2, i ATTRIBUTE(YELLOW, NORMAL)
LET c8 = TIME
LET i = c8[4,5]
LET j = c8[7,8]
LET i = 17 * i / 60 + 4
LET j = 53 * j / 60 + 2
OPEN WINDOW wcen AT i,j WITH FORM "mpbalen1" ATTRIBUTE(BORDER, GREEN)
INPUT are, cen FROM scen.*
ON KEY (ESC)
ERROR " Proceso abortado " ATTRIBUTE (WHITE, REVERSE)
CALL fin()
BEFORE FIELD are
SELECT * INTO are, cen FROM tare
DISPLAY are, cen TO scen.*
AFTER FIELD are IF LENGTH(are) != 3 THEN NEXT FIELD are END IF
AFTER FIELD cen IF LENGTH(cen) != 3 THEN NEXT FIELD cen ELSE EXIT INPUT END IF
END INPUT
DELETE FROM tare
INSERT INTO tare VALUES (are, cen)
CLOSE WINDOW wcen
END FUNCTION
FUNCTION pidemeds()
OPEN WINDOW wmed AT 4,4 WITH FORM "mpbalen2" ATTRIBUTE(BORDER, GREEN)
LET c80 = "Captura de energ;a censada en medidores"
LET i = 37 - LENGTH(c80) / 2
DISPLAY c80 AT 1, i ATTRIBUTE(YELLOW, NORMAL)
DISPLAY "<F2> Borra <F10> Aceptar <ESC> Cancelar" AT 19,1 ATTRIBUTE (WHITE, NORMAL)
LET k = 0
LET i = 0
FOREACH cmed1
LET i = i + 1
LET rmed[i].c = "C"
LET rmed[i].are = are
LET rmed[i].cen = cen
LET rmed[i].uni = rmed[41].uni
LET rmed[i].cve_ubi = rmed[41].cve_ubi
CALL nomxubi()
LET rmed[i].cve_flu = rmed[41].cve_flu
LET rmed[i].uni_rel = rmed[41].uni_rel
LET rmed[i].por_per = rmed[41].por_per
LET rmed[i].enermed = rmed[41].enermed
END FOREACH

```



```
CALL set_count(i)
INPUT ARRAY rmed WITHOUT DEFAULTS FROM smed.*
ON KEY [ESC]
  ERROR " Proceso abortado " ATTRIBUTE (WHITE, REVERSE)
  CALL fin()
BEFORE FIELD uni
  LET i = arr_curr()
  LET k = scr_line()
  LET rmed[i].c = "C"
  LET rmed[i].are = are
  LET rmed[i].cen = cen
  DISPLAY rmed[i].c, rmed[i].are, rmed[i].cen
    TO smed[k].c, smed[k].are, smed[k].cen
AFTER FIELD uni
  LET j = LENGTH(rmed[i].uni)
  CASE j
  WHEN 0
    ERROR " El numero de unidad es incorrecto " ATTRIBUTE (WHITE, REVERSE)
    NEXT FIELD uni
  WHEN 1 LET rmed[i].uni = "0000", rmed[i].uni CLIPPED
  WHEN 2 LET rmed[i].uni = "000", rmed[i].uni CLIPPED
  WHEN 3 LET rmed[i].uni = "00", rmed[i].uni CLIPPED
  WHEN 4 LET rmed[i].uni = "0", rmed[i].uni CLIPPED
  END CASE
  DISPLAY rmed[i].uni TO smed[k].uni
AFTER FIELD cve_ubi
  IF LENGTH(rmed[i].cve_ubi) = 1 THEN
    LET rmed[i].cve_ubi = "0", rmed[i].cve_ubi CLIPPED
  END IF
  CALL nomxubi()
  IF rmed[i].nom_var = "XXXXXX" THEN
    ERROR " El medidor no existe " ATTRIBUTE (WHITE, REVERSE)
    NEXT FIELD cve_ubi
  END IF
  DISPLAY rmed[i].cve_ubi, rmed[i].nom_var
    TO smed[k].cve_ubi, smed[k].nom_var
BEFORE FIELD uni_rel
  IF rmed[i].nom_var = "Epu" THEN
    LET rmed[i].uni_rel = rmed[i].uni[4,5]
    DISPLAY rmed[i].uni_rel TO smed[k].uni_rel
    NEXT FIELD por_per
  END IF
  DISPLAY rmed[i].uni_rel TO smed[k].uni_rel
BEFORE FIELD por_per
  IF rmed[i].cve_ubi = 03 OR
    rmed[i].cve_ubi = 04 OR
    rmed[i].cve_ubi = 05 OR
    rmed[i].cve_ubi = 07 OR
    rmed[i].cve_ubi = 09 OR
    rmed[i].cve_ubi = 13 OR
    rmed[i].cve_ubi = 17 OR
    rmed[i].cve_ubi = 21 OR
    rmed[i].cve_ubi >= 23 THEN
    LET rmed[i].por_per = 0
    NEXT FIELD enermmed
  END IF
  DISPLAY rmed[i].por_per TO smed[k].por_per
END INPUT
CLOSE WINDOW wmed
DELETE FROM tmed
FOR i = 1 TO 40
  IF rmed[i].cve_ubi IS NOT NULL AND
    rmed[i].cve_flu IS NOT NULL AND
    rmed[i].uni_rel IS NOT NULL AND
    rmed[i].por_per IS NOT NULL AND
    rmed[i].enermmed IS NOT NULL THEN
    INSERT INTO tmed VALUES
      (rmed[i].uni, rmed[i].cve_ubi, rmed[i].cve_flu,
        rmed[i].uni_rel, rmed[i].por_per, rmed[i].enermmed)
  END IF
END FOR
END FUNCTION
```

```

FUNCTION pidecapefe()
OPEN WINDOW wefe AT 4,30 WITH FORM "mpbalen3" ATTRIBUTE (BORDER, GREEN)
DISPLAY "<F10> Aceptar" AT 13,1 ATTRIBUTE (WHITE, NORMAL)
LET c80 = NULL
FOREACH cmed2
    LET c80 = c80 CLIPPED, rmed[41].uni_rei CLIPPED
END FOREACH
LET j = LENGTH(c80) / 2
CALL set_count(j)
INPUT ARRAY refe FROM sefe.*
ON KEY (ESC)
    ERROR " Proceso abortado " ATTRIBUTE (WHITE, REVERSE)
    CALL fin()
BEFORE FIELD cap_efe
    LET i = arr_curr()
    LET refe[i].uni = c80[1*2-1, 1*2]
    DISPLAY refe[i].* TO sefe[i].*
END INPUT
CLOSE WINDOW wefe
END FUNCTION
FUNCTION fin()
# RUN "deltree /y MP.DBS"
EXIT PROGRAM
END FUNCTION
FUNCTION nomxubi()
CASE rmed[i].cve_ubi
WHEN "01" LET rmed[i].nom_var = "Epu"
WHEN "02" LET rmed[i].nom_var = "EeTP"
WHEN "03" LET rmed[i].nom_var = "EaTP"
WHEN "04" LET rmed[i].nom_var = "EaTP"
WHEN "05" LET rmed[i].nom_var = "EcATE"
WHEN "06" LET rmed[i].nom_var = "EcATE"
WHEN "07" LET rmed[i].nom_var = "EcATSP"
WHEN "08" LET rmed[i].nom_var = "EcATSP"
WHEN "09" LET rmed[i].nom_var = "EcATSP"
WHEN "10" LET rmed[i].nom_var = "EcATSP"
WHEN "11" LET rmed[i].nom_var = "EcATSP"
WHEN "12" LET rmed[i].nom_var = "EcATSP"
WHEN "13" LET rmed[i].nom_var = "EcATAR"
WHEN "14" LET rmed[i].nom_var = "EcATAR"
WHEN "15" LET rmed[i].nom_var = "EcATAR"
WHEN "16" LET rmed[i].nom_var = "EcATAR"
WHEN "17" LET rmed[i].nom_var = "EcATA"
WHEN "18" LET rmed[i].nom_var = "EcATA"
WHEN "19" LET rmed[i].nom_var = "EcATA"
WHEN "20" LET rmed[i].nom_var = "EcATA"
WHEN "21" LET rmed[i].nom_var = "EaCS"
WHEN "22" LET rmed[i].nom_var = "EaCS"
WHEN "23" LET rmed[i].nom_var = "ErCCSE"
WHEN "24" LET rmed[i].nom_var = "ErCCSS"
WHEN "25" LET rmed[i].nom_var = "EE"
WHEN "26" LET rmed[i].nom_var = "EE"
WHEN "27" LET rmed[i].nom_var = "EE"
WHEN "28" LET rmed[i].nom_var = "ErRDT2"
WHEN "29" LET rmed[i].nom_var = "ErRTT2"
WHEN "30" LET rmed[i].nom_var = "EaGTD3"
WHEN "31" LET rmed[i].nom_var = "ErRDS"
WHEN "32" LET rmed[i].nom_var = "ErRDS"
WHEN "33" LET rmed[i].nom_var = "ErRDS"
WHEN "34" LET rmed[i].nom_var = "ErRDT2"
WHEN "35" LET rmed[i].nom_var = "ErRDT2"
WHEN "36" LET rmed[i].nom_var = "ErRTT2"
WHEN "37" LET rmed[i].nom_var = "ErRTT2"
WHEN "38" LET rmed[i].nom_var = "EaGTD3"
WHEN "39" LET rmed[i].nom_var = "EaGTD3"
WHEN "40" LET rmed[i].nom_var = "EE"
WHEN "41" LET rmed[i].nom_var = "EE"
WHEN "42" LET rmed[i].nom_var = "EE"
WHEN "43" LET rmed[i].nom_var = "EE"
WHEN "44" LET rmed[i].nom_var = "EE"
WHEN "45" LET rmed[i].nom_var = "EE"
WHEN "46" LET rmed[i].nom_var = "ER"
WHEN "47" LET rmed[i].nom_var = "ER"
WHEN "48" LET rmed[i].nom_var = "ER"
WHEN "49" LET rmed[i].nom_var = "ER"
WHEN "50" LET rmed[i].nom_var = "ER"
WHEN "51" LET rmed[i].nom_var = "ER"
WHEN "52" LET rmed[i].nom_var = "ER"
WHEN "53" LET rmed[i].nom_var = "ER"
WHEN "54" LET rmed[i].nom_var = "ER"
WHEN "CE" LET rmed[i].nom_var = "capefe"

```

```

        OTHERWISE LET rmed[i].nom_var = "XXXXXX"
    END CASE
END FUNCTION
FUNCTION dejadatos()
DELETE FROM tint
LET rint.nom_var = "capefe"
LET rint.cve_flu = " "
FOR i = 1 TO 40
    LET rint.uni_rel = refe[i].uni
    LET rint.energia = refe[i].cap_efe
    IF rint.uni_rel IS NOT NULL AND rint.energia IS NOT NULL THEN
        CALL guardaint()
    END IF
END FOR
LET i = 41
FOREACH cmed1
    CALL nomxubi()
    LET rint.nom_var = rmed[41].nom_var
    LET rint.cve_flu = rmed[41].cve_flu
    LET rint.uni_rel = rmed[41].uni_rel
    LET rint.energia = rmed[41].enermed
    CASE rint.nom_var
        WHEN "Epu"
            CALL guardaint()
            LET rint.nom_var = "resto"
            CALL guardaint()
            LET rint.nom_var = "porper"
            LET rint.energia = rmed[41].por_per
            CALL guardaint()
        WHEN "EeTP"
            CALL guardaint()
            IF rmed[41].por_per != 0 THEN
                LET rint.nom_var = "porper"
                LET rint.energia = rmed[41].por_per
                CALL guardaint()
            END IF
        WHEN "capefe"
            CALL traerenergia(0)
    OTHERWISE
        IF rint.nom_var = "Eacs" AND rmed[41].uni{4,5} != " " THEN
            LET rint.uni_rel = rmed[41].uni{4,5}
        END IF
        IF rmed[41].cve_ubi = 03 OR
            rmed[41].cve_ubi = 04 OR
            rmed[41].cve_ubi = 05 OR
            rmed[41].cve_ubi = 07 OR
            rmed[41].cve_ubi = 09 OR
            rmed[41].cve_ubi = 13 OR
            rmed[41].cve_ubi = 17 OR
            rmed[41].cve_ubi = 21 OR
            rmed[41].cve_ubi >= 23 OR
            rmed[41].por_per IS NULL THEN
                LET rmed[41].por_per = 0
        END IF
        CALL traerenergia(1)
        LET rint.energia = rint.energia + rmed[41].enermed * (1 + rmed[41].por_per / 100)
        CALL guardaint()
    END CASE
END FOREACH
END FUNCTION
FUNCTION muestrabal()
    RUN "CLS"
    LET c80 = "SUBDIRECCION DE GENERACION"
    LET i = 40 - LENGTH(c80) / 2
    DISPLAY c80 AT 1, i ATTRIBUTE(YELLOW, NORMAL)
    LET c80 = "MODULO DE PRUEBA DEL ALGORITMO PARA EL CALCULO DEL BALANCE DE ENERGIA"
    LET i = 40 - LENGTH(c80) / 2
    DISPLAY c80 AT 2, i ATTRIBUTE(YELLOW, NORMAL)
    LET are = NULL
    LET cen = NULL
    SELECT * INTO are, cen FROM tare
    IF are IS NULL THEN LET are = "ARE" END IF
    IF cen IS NULL THEN LET cen = "CEN" END IF

```

```

LET int_flag = TRUE
WHILE int_flag
  CALL muestrapan1()
  IF int_flag = FALSE THEN RETURN END IF
  CALL muestrapan2()
  IF int_flag = FALSE THEN RETURN END IF
  OPEN WINDOW wbal AT 4,4 WITH FORM "mpbalen4" ATTRIBUTE(BORDER, GREEN)
  LET c80 = "Balance de energia"
  LET i = 35 - LENGTH(c80) / 2
  DISPLAY c80 AT 1, i ATTRIBUTE(YELLOW, NORMAL)
  DISPLAY "<F9> Imprimir <F10> Continuar <ESC> Regresar" AT 19,1 ATTRIBUTE (WHITE, NORMAL)
  FOREACH cbal
    SELECT SUM(energia) INTO rtot.eca_tot FROM tint
      WHERE nom_var = "EcAu" AND cve_flu = rtot.cve_flu
    SELECT SUM(energia) INTO rtot.eeu_tot FROM tint
      WHERE nom_var = "Eeu" AND cve_flu = rtot.cve_flu
    SELECT SUM(energia) INTO rtot.ecr_tot FROM tint
      WHERE nom_var = "EcrU" AND cve_flu = rtot.cve_flu
    DISPLAY BY NAME rtot.*
    DISPLAY rtot.cve_flu AT 4, 57 ATTRIBUTE(GREEN, NORMAL)
    CALL traeresultados("Epu", "EcATSP", "EcATE", "EeTP", "EcATP", "EstP")
    IF int_flag = FALSE THEN CLOSE WINDOW wbal RETURN END IF
    CALL traeresultados("EstP", "ECATAR", "EcATA", "EaCS", "EAOU", "Eeu")
    IF int_flag = FALSE THEN CLOSE WINDOW wbal RETURN END IF
    CALL traeresultados("EcATSP", "EcATE", "EcATA", "ECATAR", "EAOU", "SPA")
    IF int_flag = FALSE THEN CLOSE WINDOW wbal RETURN END IF
    CALL traeresultados("SPA", "EaCS", "EcATP", "EcAu", " ", "SOBGEN")
    IF int_flag = FALSE THEN CLOSE WINDOW wbal RETURN END IF
    CALL traeresultados("Ecr SP", "Ecr TE", "Ecr TA", "Ecr AR", "OTROS", "SPR")
    IF int_flag = FALSE THEN CLOSE WINDOW wbal RETURN END IF
    CALL traeresultados("SPR", "Ecr CS", "Ecr TP", "Ecr", "EcrU", " ")
    IF int_flag = FALSE THEN CLOSE WINDOW wbal RETURN END IF
  END FOREACH
  CLOSE WINDOW wbal
END WHILE
END FUNCTION
FUNCTION muestrapan1()
  OPEN WINDOW wmed AT 4,4 WITH FORM "mpbalen2" ATTRIBUTE(BORDER, GREEN)
  LET c80 = "Energía censada en medidores"
  LET i = 37 - LENGTH(c80) / 2
  DISPLAY c80 AT 1, i ATTRIBUTE(YELLOW, NORMAL)
  DISPLAY "<F9> Imprimir <F10> Continuar <ESC> Regresar" AT 19,1 ATTRIBUTE (WHITE, NORMAL)
  LET i = 0
  FOREACH cmed1
    IF rmed[41].cve_ubi != "CE" THEN
      LET i = i + 1
      LET rmed[i].c = "C"
      LET rmed[i].are = are
      LET rmed[i].cen = cen
      LET rmed[i].uni = rmed[41].uni
      LET j = LENGTH(rmed[i].uni)
      CASE j
        WHEN 1 LET rmed[i].uni = "0000", rmed[i].uni CLIPPED
        WHEN 2 LET rmed[i].uni = "000", rmed[i].uni CLIPPED
        WHEN 3 LET rmed[i].uni = "00", rmed[i].uni CLIPPED
        WHEN 4 LET rmed[i].uni = "0", rmed[i].uni CLIPPED
      END CASE
      LET rmed[i].cve_ubi = rmed[41].cve_ubi
      CALL nomxubi()
      LET rmed[i].cve_flu = rmed[41].cve_flu
      LET rmed[i].uni_rel = rmed[41].uni_rel
      LET rmed[i].por_per = rmed[41].por_per
      LET rmed[i].enermed = rmed[41].enermed
    END IF
  END FOREACH
  CALL set_count(i)
  LET int_flag = TRUE
  DISPLAY ARRAY rmed TO smed.*
  ON KEY(ESC)
    LET int_flag = FALSE
    EXIT DISPLAY
  ON KEY(F9)
    CALL impmed()
    CALL impcap()
    CALL impbal()
  END DISPLAY
  CLOSE WINDOW wmed
END FUNCTION

```

```

FUNCTION muestrapan2()
OPEN WINDOW wefe AT 4,30 WITH FORM "mpbalen3" ATTRIBUTE (BORDER, GREEN)
DISPLAY "<F10> Continuar" AT 13,1 ATTRIBUTE (WHITE, NORMAL)
LET c80 = NULL
FOREACH cmed2
    LET c80 = c80 CLIPPED, rmed[41].uni_rel CLIPPED
END FOREACH
LET j = LENGTH(c80) / 2
CALL set_count(j)
DISPLAY ARRAY refe TO sefe.*
    ON KEY(ESC)
        LET int_flag = FALSE
        EXIT DISPLAY
    ON KEY(F9)
        CALL impmed()
        CALL impcap()
        CALL impbal()
END DISPLAY
CLOSE WINDOW wefe
END FUNCTION
FUNCTION guardaint()
# display rint.*
INSERT INTO tint VALUES (rint.*)
END FUNCTION
FUNCTION traerenergia(comando)
DEFINE
    comando SMALLINT,
    eneacu DECIMAL(14,4)
    # comando accion
    # 0 en base a rint.*
    # 1 en base a rint.* (borrando si existe)
    # 2 en base a rint.* (sin cve_flu)
    # 3 en base a rint.* (sin cve_flu, borrando si existe)
LET rint.energia = NULL
IF comando = 0 OR comando = 1 THEN
    SELECT energia INTO rint.energia FROM tint
        WHERE nom_var = rint.nom_var AND cve_flu = rint.cve_flu
        AND uni_rel = rint.uni_rel # AND num_hra = rint.num_hra
ELSE
    SELECT energia INTO rint.energia FROM tint
        WHERE nom_var = rint.nom_var AND uni_rel = rint.uni_rel
        # AND num_hra = rint.num_hra
END IF
IF rint.energia IS NULL THEN
    LET existe = 0
    LET rint.energia = 0
ELSE
    LET existe = 1
END IF
IF comando = 1 THEN
    DELETE FROM tint
        WHERE nom_var = rint.nom_var AND cve_flu = rint.cve_flu
        AND uni_rel = rint.uni_rel # AND num_hra = rint.num_hra
END IF
IF comando = 3 THEN
    DELETE FROM tint
        WHERE nom_var = rint.nom_var AND uni_rel = rint.uni_rel
        # AND num_hra = rint.num_hra
END IF
END FUNCTION
FUNCTION traerresultados(col2, col3, col4, col5, col6, col7)
DEFINE col2, col3, col4, col5, col6, col7 CHAR(6)
DECLARE cinta CURSOR FOR SELECT * INTO rint.* FROM tint
    WHERE (nom_var = col2 OR nom_var = col3 OR nom_var = col4
        OR nom_var = col5 OR nom_var = col6 OR nom_var = col7)
    AND cve_flu = rtot.cve_flu
IF LENGTH(col2) > 4 AND col2[4] = " " THEN LET col2[4] = rtot.cve_flu END IF
IF LENGTH(col3) > 4 AND col3[4] = " " THEN LET col3[4] = rtot.cve_flu END IF
IF LENGTH(col4) > 4 AND col4[4] = " " THEN LET col4[4] = rtot.cve_flu END IF
IF LENGTH(col5) > 4 AND col5[4] = " " THEN LET col5[4] = rtot.cve_flu END IF
IF LENGTH(col6) > 4 AND col6[4] = " " THEN LET col6[4] = rtot.cve_flu END IF
IF LENGTH(col7) > 4 AND col7[4] = " " THEN LET col7[4] = rtot.cve_flu END IF
IF col5 = "Ecr" THEN LET col5 = col5 CLIPPED, rtot.cve_flu END IF
LET c80 = " #U "
LET i = 5 + 5 - LENGTH(col2) / 2 LET c80[i, 80] = col2
LET i = 16 + 5 - LENGTH(col3) / 2 LET c80[i, 80] = col3
LET i = 27 + 5 - LENGTH(col4) / 2 LET c80[i, 80] = col4
LET i = 38 + 5 - LENGTH(col5) / 2 LET c80[i, 80] = col5
LET i = 49 + 5 - LENGTH(col6) / 2 LET c80[i, 80] = col6
LET i = 60 + 5 - LENGTH(col7) / 2 LET c80[i, 80] = col7
    
```

```

DISPLAY c80 AT 6, 1 ATTRIBUTE(YELLOW, NORMAL)
FOR i = 1 TO 40
  LET rbal[i].col1 = 0   LET rbal[i].col2 = 0
  LET rbal[i].col3 = 0   LET rbal[i].col4 = 0
  LET rbal[i].col5 = 0   LET rbal[i].col6 = 0
  LET rbal[i].col7 = 0
END FOR
LET k = 0
FOREACH cinta
  LET i = rint.uni_rel
  IF i > k THEN LET k = i END IF
  LET rbal[i].col1 = i USING "##"
  CASE rint.nom_var
  WHEN col2 LET rbal[i].col2 = rint.energia
  WHEN col3 LET rbal[i].col3 = rint.energia
  WHEN col4 LET rbal[i].col4 = rint.energia
  WHEN col5 LET rbal[i].col5 = rint.energia
  WHEN col6 LET rbal[i].col6 = rint.energia
  WHEN col7 LET rbal[i].col7 = rint.energia
  END CASE
END FOREACH
CALL set_count(k)
LET int_flag = TRUE
DISPLAY ARRAY rbal TO sbal.*
  ON KEY(ESC)
    LET int_flag = FALSE
    EXIT DISPLAY
  ON KEY(F9)
    CALL impmed()
    CALL impcap()
    CALL impbal()
END DISPLAY
END FUNCTION
FUNCTION impmed()
  START REPORT repsal TO "rep.lis"
  LET c80 = "          SUBDIRECCION DE GENERACION"
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  LET c80 = "          MODULO DE PRUEBA DEL ALGORITMO PARA EL CALCULO DEL BALANCE DE ENERGIA"
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  LET c80 = " "
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  LET c80 = "          Energia censada en medidores"
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  LET c80 = " "
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  LET c80 = " |-----|-----|-----|-----|-----|"
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  LET c80 = " |           |           |Clave|           |Porcentaje| Energia |"
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  LET c80 = " |           |           | de |           Unidades | de | Medida |"
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  LET c80 = " |           | Medidor | Tipo |flujo| relacionadas | Perdidas | (KWH) |"
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  LET c80 = " |-----|-----|-----|-----|-----|"
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  LET c80 = " |-----|-----|-----|-----|-----|"
  OUTPUT TO REPORT repsal()
  FOREACH cmed1
    IF rmed[41].cve_ubi != "CE" THEN
      LET i = i + 1
      LET rmed[i].c = "C"
      LET rmed[i].are = are
      LET rmed[i].cen = cen
      LET rmed[i].uni = rmed[41].uni
      LET j = LENGTH(rmed[i].uni)
      CASE j
      WHEN 1 LET rmed[i].uni = "0000", rmed[i].uni CLIPPED
      WHEN 2 LET rmed[i].uni = "000", rmed[i].uni CLIPPED
      WHEN 3 LET rmed[i].uni = "00", rmed[i].uni CLIPPED
      WHEN 4 LET rmed[i].uni = "0", rmed[i].uni CLIPPED
      END CASE
      LET rmed[i].cve_ubi = rmed[41].cve_ubi
      CALL nomxubi()
      LET rmed[i].cve_flu = rmed[41].cve_flu
      LET rmed[i].uni_rel = rmed[41].uni_rel
      LET rmed[i].por_per = rmed[41].por_per
      LET rmed[i].enermed = rmed[41].enermed
      LET c80 = "  ", rmed[i].c, rmed[i].are, rmed[i].cen, rmed[i].uni, rmed[i].cve_ubi,
        "  ", rmed[i].nom_var, "  ", rmed[i].cve_flu, "  ", rmed[i].uni_rel[1,19],
        "  ", rmed[i].por_per USING " ###.### ",
        "  ", rmed[i].enermed USING " #,###,###.### "
    
```



```

CALL traeresimp("Ecr SP", "Ecr TE", "Ecr IA", "Ecr AR", "OTROS", "SPR")
CALL traeresimp("SPR", "Ecr CS", "Ecr TP", "Ecr", "EcrRu", " ")
LET dtmp = TODAY
LET c5 = TIME
LET c80 = " Fecha de impresi3n: ", dtmp USING "yyyy-mm-dd," Hora de impresi3n: ", c5
OUTPUT TO REPORT repсал()
FINISH REPORT repсал
*
RUN "copy rep.lis prn"
END FOREACH

```

NU	Epu	EeTP	EcATP	EsTP	Eeu	SOBGEN	
NU	EcATSP	EcATE	EcATA	EcATAR	EAOU	SPA	EaCS
NU	EcRTSP	EcRTTE	EcRTTA	EcRTAR	EcRTT2	SPR	EcRTCS
TO:	219000.000	199833.688	1199.002	198634.686	198634.686	0.000	198634.686

```

END FUNCTION
REPORT repсал()
DEFINE
  colu INTEGER
OUTPUT
  LEFT MARGIN 0
  TOP MARGIN 0
  BOTTOM MARGIN 0
FORMAT
  ON EVERY ROW
  PRINT c80 CLIPPED
END REPORT

```

MPBALEN2.4GL

```

GLOBALS "mpbalen1.4gl"
FUNCTION integra()
  CALL cursores()
  CALL ER()
  CALL EC("EcATSP")
  CALL EC("EcATE")
  CALL EeTP()
  CALL EcATP()
  CALL EsTP()
  CALL EC("EcATAR")
  CALL EC("EcATA")
  CALL EC("EaCS")
  CALL Eeu()
  CALL datosacumulados()
  CALL Ecr()
  CALL guardar()
END FUNCTION
FUNCTION cursores()
  DECLARE cint1 CURSOR FOR SELECT cve_flu, SUM(energia) INTO c1, enetot
  FROM tint WHERE nom_var = "ER"
  GROUP BY cve_flu
  DECLARE cint2 CURSOR FOR SELECT uni_rel INTO rint.uni_rel FROM tint
  WHERE nom_var = "Epu" AND cve_flu = c1
  DECLARE cint3 CURSOR FOR SELECT * INTO rint.* FROM tint
  WHERE nom_var[1,3] = "Ecr"
  DECLARE cint4 CURSOR FOR SELECT * INTO rint.* FROM tint
  WHERE nom_var = rint.nom_var AND cve_flu = c1
  DECLARE cint5 CURSOR FOR SELECT * INTO rint.* FROM tint
  WHERE nom_var = rint.nom_var
  DECLARE cint6 CURSOR FOR SELECT * INTO rint.* FROM tint
  WHERE nom_var = rint.nom_var
  DECLARE cint7 CURSOR FOR SELECT cve_flu, SUM(energia)
  INTO rint.cve_flu, rint.energia FROM tint
  WHERE nom_var = "Eeu"
  GROUP BY cve_flu
  DECLARE cint8 CURSOR FOR SELECT cve_flu, SUM(energia)
  INTO rint.cve_flu, rint.energia FROM tint
  WHERE nom_var = "EcrRu"
  GROUP BY cve_flu
END FUNCTION

```



```

FUNCTION ER()
    DISPLAY " Verificando si existe ER medido "
    FOREACH cint1
        CALL repartirER("EACS")
        CALL repartirER("EcATA")
        CALL repartirER("EcATAR")
        CALL repartirER("EcATE")
        CALL repartirER("EcATSP")
        SELECT SUM(energia) INTO enotmp FROM tint
            WHERE nom_var[1,3] = "Ecr" AND nom_var[5,6] IN ("SP", "TE")
            AND cve_flu = c1
        LET c80 = NULL
        FOREACH cint2 LET c80 = c80 CLIPPED, rint.uni_rel CLIPPED END FOREACH
        IF enotmp > 0 THEN
            LET rint.nom_var = "Ecr", c1, "TP"
            LET rint.cve_flu = c1
            LET i = 1
            WHILE i < LENGTH(c80)
                LET rint.uni_rel = c80[i,i-1]
                SELECT SUM(energia) INTO rint.energia FROM tint
                    WHERE nom_var[1,3] = "Ecr" AND nom_var[5,6] IN ("SP", "TE")
                    AND cve_flu = rint.cve_flu AND uni_rel = rint.uni_rel
                LET rint.energia = 0
                IF enotmp != 0 THEN LET rint.energia = rint.energia / enotmp * enotot END IF
                CALL guardaint()
                LET i = i + 2
            END WHILE
            LET enotot = 0
        ELSE
            LET rint.uni_rel = c80 CLIPPED
            LET nomrec = "Ecr", c1, "TP"
            LET enotmp = enotot
            CALL criterio3()
        END IF
    END FOREACH
    FOREACH cint3
        CALL traerenergia(1)
        LET nomrec = rint.nom_var
        LET enotmp = rint.energia
        CALL criterio3()
    END FOREACH
END FUNCTION
FUNCTION repartirER(nommed)
    DEFINE nommed CHAR(6)
    LET rint.nom_var = nommed
    SELECT SUM(energia) INTO enesum FROM tint
        WHERE nom_var = rint.nom_var AND cve_flu = c1
    IF enesum IS NULL THEN LET enesum = 0 END IF
    IF enotot > enesum THEN
        LET enotmp = enesum
        LET enotot = enotot - enesum
    ELSE
        LET enotmp = enotot
        LET enotot = 0
    END IF
    FOREACH cint4
        CALL traerenergia(1)
        LET enepar = rint.energia
        LET i = LENGTH(rint.nom_var)
        LET rint.nom_var = "Ecr", c1, rint.nom_var[i-1,i]
        LET rint.energia = 0 IF enesum != 0 THEN LET rint.energia = enepar / enesum * enotmp END IF
        CALL guardaint()
        LET rint.nom_var = nommed
        LET rint.energia = enepar - rint.energia
        CALL guardaint()
    END FOREACH
END FUNCTION

```

```

FUNCTION EC(nomaut)
  DEFINE
    nomaut CHAR(6),
    unidades CHAR(50)
  DISPLAY " Prorrateando ", nomaut
  LET rint.nom_var = nomaut
  FOREACH cint5
    CALL traerenergia(1)
    LET enetmp = rint.energia
    LET c80 = rint.uni_rel
    LET int_flag = TRUE
    WHILE int_flag
      LET rint.nom_var = "resto"
      LET enesum = 0
      LET i = 1
      WHILE i < LENGTH(c80)
        LET rint.uni_rel = c80[i,i+1]
        CALL traerenergia(0)
        LET enesum = enesum + rint.energia
        LET i = i + 2
      END WHILE
      IF enesum = 0 THEN
        LET int_flag = FALSE
      ELSE
        LET j = 0
        LET rint.nom_var = "Epu"
        LET enesum = 0
        LET i = 1
        WHILE i < LENGTH(c80)
          LET rint.uni_rel = c80[i,i+1]
          CALL traerenergia(0)
          LET enesum = enesum + rint.energia
          IF rint.energia = 0 THEN LET j = j + 1 END IF
          LET i = i + 2
        END WHILE
        LET enepro = enetmp
        LET i = 1
        WHILE i < LENGTH(c80)
          LET rint.uni_rel = c80[i,i+1]
          LET rint.nom_var = "Epu"
          CALL traerenergia(0)
          LET enepar = rint.energia
          LET rint.nom_var = "resto"
          CALL traerenergia(1)
          LET enetot = rint.energia
          LET propor = 0 IF enesum != 0 THEN LET propor = enepar / enesum END IF
          IF enepro * propor > rint.energia THEN
            LET rint.nom_var = nomaut
            IF j = 1 AND (nomaut = "ECATAR" OR nomaut = "EcATA") THEN
              LET rint.nom_var = "EAOU"
            END IF
            CALL traerenergia(1)
            LET rint.energia = rint.energia + enetot
            CALL guardaint()
            LET enetmp = enetmp - enetot
            LET rint.nom_var = "resto"
            LET rint.energia = 0
            CALL guardaint()
          ELSE
            LET rint.nom_var = nomaut
            IF j = 1 AND (nomaut = "ECATAR" OR nomaut = "EcATA") THEN
              LET rint.nom_var = "EAOU"
            END IF
            CALL traerenergia(1)
            LET propor = 0 IF enesum != 0 THEN LET propor = enepar / enesum END IF
            LET rint.energia = rint.energia + enepro * propor
            CALL guardaint()
            LET enetmp = enetmp - enepro * propor
            LET rint.nom_var = "resto"
            LET rint.energia = enetot - enepro * propor
            CALL guardaint()
          END IF
          IF enetmp < 0.00000001 THEN
            CONTINUE FOREACH
          END IF
          LET i = i + 2
        END WHILE
      END IF
    END WHILE
  END FOREACH
END FUNCTION

```

```

IF enetmp = 0 THEN
  CONTINUE FOREACH
ELSE
  LET enepro = enetmp
  LET int_flag = TRUE
  WHILE int_flag
    LET rint.nom_var = "resto"
    LET enesum = 0
    LET c1 = rint.cve_flu
    LET unidades = ""
    FOREACH cint2 LET unidades = unidades CLIPPED, rint.uni_rel CLIPPED END FOREACH
    LET i = 1
    WHILE i < LENGTH(unidades)
      LET rint.uni_rel = unidades[i,i+1]
      CALL traerenergia(0)
      LET enesum = enesum + rint.energia
      LET i = i + 2
    END WHILE
    IF enesum = 0 THEN
      LET rint.uni_rel = c80 CLIPPED
      LET l = LENGTH(nomaut)
      LET nomrec = "EcR", rint.cve_flu, nomaut[i-1,i]
      CALL criterio3()
      CONTINUE FOREACH
    ELSE
      LET rint.nom_var = "Epu"
      LET enesum = 0
      LET i = 1
      WHILE i < LENGTH(unidades)
        LET rint.uni_rel = unidades[i,i+1]
        CALL traerenergia(0)
        LET enesum = enesum + rint.energia
        LET i = i + 2
      END WHILE
      LET i = 1
      WHILE i < LENGTH(unidades)
        LET rint.uni_rel = unidades[i,i+1]
        LET rint.nom_var = "Epu"
        CALL traerenergia(0)
        LET enepar = rint.energia
        LET rint.nom_var = "resto"
        CALL traerenergia(1)
        LET enetot = rint.energia
        LET propor = 0 IF enesum != 0 THEN LET propor = enepar / enesum END IF
        IF enepro * propor > rint.energia THEN
          LET rint.nom_var = "EAQU"
          CALL traerenergia(1)
          LET rint.energia = rint.energia + enetot
          CALL guardaint()
          LET enetmp = enetmp - enetot
          LET rint.nom_var = "resto"
          LET rint.energia = 0
          CALL guardaint()
        ELSE
          LET rint.nom_var = "EAQU"
          CALL traerenergia(1)
          LET propor = 0 IF enesum != 0 THEN LET propor = enepar / enesum END IF
          LET rint.energia = rint.energia + enepro * propor
          CALL guardaint()
          LET enetmp = enetmp - enepro * propor
          LET rint.nom_var = "resto"
          LET rint.energia = enetot - enepro * propor
          CALL guardaint()
        END IF
        IF enetmp < 0.00000001 THEN
          CONTINUE FOREACH
        END IF
        LET i = i + 2
      END WHILE
      LET enepro = enetmp
    END IF
  END WHILE
END IF
END FOREACH
END FUNCTION

```

```

FUNCION criterio3()
DEFINE unidades CHAR(50)
IF enetmp = 0 THEN
    RETURN
ELSE
    LET unidades = rint.uni_rel
    LET rint.nom_var = "Epu"
    LET enesum = 0
    LET j = 0
    LET i = 1
    WHILE i < LENGTH(unidades)
        LET rint.uni_rel = unidades[i,i+1]
        CALL traerenergia(0)
        LET enesum = enesum + rint.energia
        IF rint.energia = 0 THEN
            LET j = 1
        END IF
        LET i = i + 2
    END WHILE
    IF j = 1 THEN
        LET rint.nom_var = "capefe"
        LET enesum = 0
        LET i = 1
        WHILE i < LENGTH(unidades)
            LET rint.uni_rel = unidades[i,i+1]
            CALL traerenergia(2)
            LET enesum = enesum + rint.energia
            LET i = i + 2
        END WHILE
    END IF
    LET i = 1
    WHILE i < LENGTH(unidades)
        LET rint.uni_rel = unidades[i,i+1]
        IF j = 0 THEN
            LET rint.nom_var = "Epu"
            CALL traerenergia(0)
            LET enepar = rint.energia
        ELSE
            LET rint.nom_var = "capefe"
            CALL traerenergia(2)
            LET enepar = rint.energia
        END IF
        LET rint.nom_var = nomrec
        CALL traerenergia(1)
        LET propor = 0 IF enesum != 0 THEN LET propor = enepar / enesum END IF
        LET rint.energia = rint.energia + enetmp * propor
        CALL guardaint()
        LET i = i + 2
    END WHILE
END IF
END FUNCTION

FUNCION EeTP()
DISPLAY " Calculando EeTP "
LET rint.nom_var = "Epu"
FOREACH cint6
    LET enetot = rint.energia
    CALL resta("EcATSP")
    CALL resta("EcATE")
    LET rint.nom_var = "EeTP"
    CALL traerenergia(0)
    IF existe = 1 THEN
        LET rint.nom_var = "EcATP"
    END IF
    LET rint.energia = enetot - rint.energia
    CALL guardaint()
    LET rint.nom_var = "resto"
    CALL traerenergia(i)
END FOREACH
END FUNCTION

```

```

FUNCTION EcATP()
    DISPLAY " Calculando EcATP "
    LET rint.nom_var = "EeTP"
    FOREACH cintó
        LET enetot = rint.energia
        LET rint.nom_var = "proper"
        CALL traerenergia(1)
        LET rint.nom_var = "EcATP"
        LET enetot = enetot * rint.energia / 100
        CALL traerenergia(1)
        LET rint.energia = rint.energia + enetot
        CALL guardaint()
    END FOREACH
END FUNCTION

FUNCTION EstP()
    DISPLAY " Calculando EstP "
    LET rint.nom_var = "EstP"
    LET nr = 1
    FOREACH cintó
        LET nr = nr + 1
    END FOREACH
    FOREACH cintó
        LET nr = nr - 1
        IF nr = 0 THEN EXIT FOREACH END IF
        IF rint.uni_rel[3,3] != " " THEN
            LET enetot = rint.energia
            LET c80 = rint.uni_rel
            LET proacu = 0
            LET i = 1
            WHILE i < LENGTH(c80)
                LET rint.uni_rel = c80[i,i+1]
                LET rint.nom_var = "EeTP"
                CALL traerenergia(0)
                LET proacu = proacu + rint.energia
                LET rint.nom_var = "EcATP"
                CALL traerenergia(0)
                LET proacu = proacu - rint.energia
                LET i = i + 2
            END WHILE
            LET i = 1
            WHILE i < LENGTH(c80)
                LET rint.uni_rel = c80[i,i+1]
                LET rint.nom_var = "EeTP"
                CALL traerenergia(0)
                LET propr = propr + rint.energia
                LET rint.nom_var = "EcATP"
                CALL traerenergia(0)
                LET propr = propr - rint.energia
                LET propr = 0 IF proacu != 0 THEN LET propr = propr / proacu END IF
                LET rint.nom_var = "EstP"
                LET rint.energia = enetot * propr
                CALL guardaint()
            END WHILE
        END IF
    END FOREACH
    LET rint.nom_var = "EeTP"
    FOREACH cintó
        LET enetmp = rint.energia
        LET rint.nom_var = "EstP"
        CALL traerenergia(0)
        IF existe = 1 THEN
            LET enetot = rint.energia
            LET rint.nom_var = "EcATP"
            CALL traerenergia(1)
            LET rint.energia = enetmp - enetot
            CALL guardaint()
        ELSE
            LET rint.nom_var = "EcATP"
            CALL traerenergia(0)
            LET rint.nom_var = "EstP"
            LET rint.energia = enetmp - rint.energia
            CALL guardaint()
        END IF
    END FOREACH
    LET rint.nom_var = "EstP"
    FOREACH cintó
        LET rint.nom_var = "resto"
        CALL guardaint()
    END FOREACH
END FUNCTION

```

```

FUNCTION Eeu()
  DISPLAY " Calculando Eeu "
  LET rint.nom_var = "EsTP"
  FOREACH cint6
    LET enetot = rint.energia
    LET rint.nom_var = "EcATAR"
    CALL traerenergia(0)
    LET enetot = enetot - rint.energia
    LET rint.nom_var = "EcATA"
    CALL traerenergia(0)
    LET enetot = enetot - rint.energia
    LET rint.nom_var = "EAOU"
    CALL traerenergia(0)
    LET enetot = enetot - rint.energia
    LET rint.nom_var = "EaCS"
    CALL traerenergia(0)
    LET enetot = enetot - rint.energia
    LET rint.nom_var = "EaGTD3"
    CALL traerenergia(0)
    LET enetot = enetot + rint.energia
    LET rint.nom_var = "Eeu"
    LET rint.energia = enetot
    CALL guardaint()
  END FOREACH
  FOREACH cint7
    LET proacu = rint.energia
    LET rint.nom_var = "EE"
    LET rint.uni_rel = "00"
    SELECT COUNT(*) INTO i FROM tint
      WHERE nom_var = rint.nom_var AND cve_flu = rint.cve_flu
    IF i = 0 THEN
      CALL guardaint()
    ELSE
      SELECT SUM(energia) INTO enetot FROM tint
        WHERE nom_var = rint.nom_var AND cve_flu = rint.cve_flu
      DELETE FROM tint
        WHERE nom_var = rint.nom_var AND cve_flu = rint.cve_flu
      LET rint.energia = enetot
      CALL guardaint()
      LET rint.nom_var = "Eeu"
      FOREACH cint6
        LET propor = rint.energia
        LET propor = 0 IF proacu != 0 THEN LET propor = propor / proacu END IF
        LET rint.nom_var = "Eeu"
        CALL traerenergia(1)
        LET enetmp = rint.energia
        LET rint.nom_var = "EcATP"
        CALL traerenergia(1)
        LET rint.energia = rint.energia + enetmp - enetot + propor
        CALL guardaint()
        LET rint.nom_var = "Eeu"
        LET rint.energia = enetot + propor
        CALL guardaint()
        LET enetmp = enetot
        LET enetot = rint.energia
        CALL suma("EcATAR")
        CALL suma("EcATA")
        CALL suma("EAOU")
        CALL suma("EaCS")
        CALL resta("EaGTD3")
        LET rint.nom_var = "EsTP"
        CALL traerenergia(1)
        LET rint.energia = enetot
        LET enetot = enetmp
        CALL guardaint()
      END FOREACH
    END IF
  END FOREACH
END FUNCTION

```

```
FUNCTION datosacumulados()
  DISPLAY " Calculando datos acumulados "
  LET rint.nom_var = "Epu"
  FOREACH cint6
    LET enetmp = rint.energia
    LET c1 = rint.cve_flu
    LET rint.nom_var = "capefe"
    CALL traereenergia(2)
    LET rint.energia = rint.energia * 1000
    LET rint.nom_var = "SOBGEN"
    IF enetmp > rint.energia THEN
      LET rint.energia = enetmp - rint.energia
    ELSE
      LET rint.energia = 0
    END IF
    CALL guardaint()
    LET enetot = 0
    LET rint.cve_flu = "T"
    CALL suma("EcRTSP")
    CALL suma("EcRTTE")
    CALL suma("EcRTCS")
    CALL suma("EcRTAR")
    CALL suma("EcRTTA")
    CALL suma("EcRTT2")
    CALL resta("ErGT3")
    LET rint.nom_var = "EcRT"
    LET rint.energia = enetot
    CALL guardaint()
    LET enetmp = enetot
    LET enetot = 0
    LET rint.cve_flu = "O"
    CALL suma("EcRDSP")
    CALL suma("EcRDTE")
    CALL suma("EcRDCS")
    CALL suma("EcRDAR")
    CALL suma("EcRDTA")
    CALL suma("EcRDT2")
    CALL suma("EcRDSO")
    CALL resta("ErGD3")
    LET rint.nom_var = "EcRD"
    LET rint.energia = enetot
    CALL guardaint()
    LET rint.cve_flu = c1
    LET rint.nom_var = "EcRu"
    LET rint.energia = enetmp + enetot
    CALL guardaint()
    LET enetot = 0
    CALL suma("EcATSP")
    CALL suma("EcATE")
    CALL suma("EcATA")
    CALL suma("EcATAR")
    CALL suma("EAOU")
    CALL resta("EaGT03")
    LET rint.nom_var = "SPA"
    LET rint.energia = enetot
    CALL guardaint()
    LET enetot = 0
    CALL suma("EcRD")
    CALL resta("EcRDCS")
    CALL suma("EcRT")
    CALL resta("EcRTCS")
    LET rint.nom_var = "SPR"
    LET rint.energia = enetot
    CALL guardaint()
    LET enetot = 0
    CALL suma("SPA")
    CALL suma("EcATP")
    CALL suma("EaCS")
    LET rint.nom_var = "EaAu"
    LET rint.energia = enetot
    CALL guardaint()
  END FOREACH
END FUNCTION
```

ALGORITMO DE CÁLCULO DEL BALANCE DE ENERGÍA PARA CENTRALES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
CHRISTIAN ARTEAGA CÁRDENAS

```

FUNCTION Ecr()
  DISPLAY " Recalculando Ecr "
  FOREACH cint8
    SELECT SUM(energia) INTO enetot FROM tint
      WHERE nom_var = "ER" AND cve_flu = rint.cve_flu
    IF enetot != 0 THEN
      LET enepro = rint.energia - enetot
      LET c1 = rint.cve_flu
      LET c80 = NULL
      FOREACH cint2 LET c80 = c80 CLIPPED, rint.uni_rel CLIPPED END FOREACH
      LET rint.nom_var = "Ecr", rint.cve_flu, "TP"
      LET enesum = 0
      LET j = 0
      LET i = 1
      WHILE i < LENGTH(c80)
        LET rint.uni_rel = c80[i,i+1]
        CALL traerenergia(0)
        LET enesum = enesum + rint.energia
        IF rint.energia = 0 THEN
          LET j = 1
        END IF
        LET i = i + 2
      END WHILE
      IF j = 1 THEN
        LET rint.nom_var = "capefe"
        LET enesum = 0
        LET i = 1
        WHILE i < LENGTH(c80)
          LET rint.uni_rel = c80[i,i+1]
          CALL traerenergia(2)
          LET enesum = enesum + rint.energia
          LET i = i + 2
        END WHILE
      END IF
      LET i = 1
      WHILE i < LENGTH(c80)
        LET rint.uni_rel = c80[i,i+1]
        IF j = 0 THEN
          LET rint.nom_var = "Ecr", rint.cve_flu, "TP"
          CALL traerenergia(1)
          LET enepar = rint.energia
        ELSE
          LET rint.nom_var = "capefe"
          CALL traerenergia(2)
          LET enepar = rint.energia
          LET rint.energia = 0
        END IF
        LET rint.nom_var = "Ecr", rint.cve_flu, "TP"
        LET propor = 0 IF enesum != 0 THEN LET propor = enepar / enesum END IF
        LET rint.energia = rint.energia - enepar * propor
        CALL guardaint()
        LET rint.nom_var = "EcrU"
        CALL traerenergia(1)
        LET rint.energia = rint.energia - enepar * propor
        CALL guardaint()
        LET rint.nom_var = "Ecr", rint.cve_flu
        CALL traerenergia(1)
        LET rint.energia = rint.energia - enepar * propor
        CALL guardaint()
        LET i = i + 2
      END WHILE
    END IF
  END FOREACH
END FUNCTION
FUNCTION guardar()
END FUNCTION
FUNCTION suma(c6)
  DEFINE c6 CHAR(6)
  LET rint.nom_var = c6
  CALL traerenergia(0)
  LET enetot = enetot + rint.energia
END FUNCTION
FUNCTION resta(c6)
  DEFINE c6 CHAR(6)
  LET rint.nom_var = c6
  CALL traerenergia(0)
  LET enetot = enetot - rint.energia
END FUNCTION

```


4.3 Reportes Técnicos y Ejecutivos

Existe una serie de reportes que sirven para conciliar la información obtenida por el algoritmo entre los procesos involucrados y para registrar los resultados del cálculo del balance de energía y reportarlo a instancias superiores, los más importantes son:

- Formato 03G: Sirve para registrar y conciliar el detalle a nivel de unidad generadora, del cálculo del balance de energía entre el proceso de Generación representado por la central y el proceso que recibe la energía.
- Formato 04G: Sirve para registrar y conciliar el consolidado a nivel de central generadora, del cálculo del balance de energía entre el proceso de Generación representado por la central y el proceso que recibe la energía.
- Formato 05G: Sirve para registrar el consolidado a nivel central generadora, del cálculo del balance de energía del proceso de Generación representado por la central.
- Formato 06G: Sirve para registrar y conciliar el detalle a nivel de central generadora, del cálculo del balance de energía entre el proceso de Generación representado por la Subgerencia y el proceso que recibe la energía.
- Formato 07G: Sirve para registrar el consolidado a nivel Subgerencia o Gerencia Regional, del cálculo del balance de energía del proceso de Generación representado por la Subgerencia o Gerencia Regional.
- Formato 08G: Sirve para registrar el consolidado a nivel Subdirección de Generación, del cálculo del balance de energía del proceso de Generación representado por la Subdirección de Generación.
- Formato 09G: Sirve para registrar el consolidado a nivel Subdirección de Generación, del cálculo del balance de energía del proceso de Generación representado por la Subdirección de Generación desglosado por tipo de proceso de generación.

A continuación se anexan los formatos mencionados.

CÉDULA DE REGISTRO DE LECTURAS MENSUAL
PROCESO DE GENERACIÓN

FORMATO 03G

CENTRAL: _____

MES: _____

AÑO: _____

I.- ENERGÍA PRODUCIDA (Ep)

Ia. ENERGÍA PRODUCIDA (Ep)

UNIDAD No.	MEDIDOR No.	LECTURAS DEL MEDIDOR				CONSTANTE	ENERGÍA EN kWh
		INICIAL	FINAL	DIFERENCIA			

ENERGÍA PRODUCIDA (kWh)	
MENSUAL	ACUMULADA

ENERGÍA PRODUCIDA

II.- ENERGÍA CONSUMIDA AUTOABASTECIDA (ECA)

IIa. A TRAVÉS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIOS PROPIOS (ECATSP)

UNIDAD No.	MEDIDOR No.	LECTURAS DEL MEDIDOR				CONSTANTE	CONSUMO EN kWh	CONSUMO EN EL TRANSFORM.
		INICIAL	FINAL	DIFERENCIA				

CONS. A TRAVÉS TSP (kWh)	
MENSUAL	ACUMULADA

TOTAL

IIb. POR EL TRANSFORMADOR PRINCIPAL (ECATP)

UNIDAD No.	E. PERDIDA (EP) EN EL TP

CONS. DEL TP (kWh)	
MENSUAL	ACUMULADA

TOTAL

IIc. A TRAVÉS DEL TRANSFORMADOR DE ARRANQUE (ECATAR)

UNIDAD No.	MEDIDOR No.	LECTURAS DEL MEDIDOR				CONSTANTE	CONSUMO EN kWh	CONSUMO EN EL TRANSFORM.
		INICIAL	FINAL	DIFERENCIA				

CONS. A TRAVÉS TAR (kWh)	
MENSUAL	ACUMULADA

TOTAL

IId. A TRAVÉS DEL TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN (ECATE)

UNIDAD No.	MEDIDOR No.	LECTURAS DEL MEDIDOR				CONSTANTE	CONSUMO EN kWh	CONSUMO EN EL TRANSFORM.
		INICIAL	FINAL	DIFERENCIA				

CONS. A TRAVÉS TE (kWh)	
MENSUAL	ACUMULADA

TOTAL

FORMATO 03G

Ile. A TRAVÉS DEL TRANSFORMADOR AUXILIAR (ECATA)

UNIDAD No.	MEDIDOR No.	LECTURAS DEL MEDIDOR			CONSTANTE	CONSUMO EN kWh	CONSUMO EN EL TRANSFORM.
		INICIAL	FINAL	DIFERENCIA			

CONS. A TRAVÉS TA (kWh)	
MENSUAL	ACUMULADA

TOTAL

IIf. ABASTECIDA A OTRA UNIDAD PARA OPERAR COMO CONDENSADOR SÍNCRONO (EACS)

UNIDAD No.	MEDIDOR No.	LECTURAS DEL MEDIDOR			CONSTANTE	CONSUMO EN kWh	CONSUMO EN EL TRANSFORM.
		INICIAL	FINAL	DIFERENCIA			

CONSUMO EN CS (kWh)	
MENSUAL	ACUMULADA

TOTAL

IIfg. ABASTECIDA A OTRAS UNIDADES PARA SU ARRANQUE (EAOU)

UNIDAD No.	MEDIDOR No.	LECTURAS DEL MEDIDOR			CONSTANTE	CONSUMO EN kWh	CONSUMO EN EL TRANSFORM.
		INICIAL	FINAL	DIFERENCIA			

C. OTRAS UNIDADES (kWh)	
MENSUAL	ACUMULADA

TOTAL

IIfh. TOTAL DE ENERGÍA CONSUMIDA AUTOABASTECIDA POR LAS UNIDADES.

Esta energía se obtiene sumando:

$$Ii_a + Ii_c + Ii_e + Ii_f + Ii_g$$

CONS. DE UNIDADES (kWh)	
MENSUAL	ACUMULADA

TOTAL

III.- ENERGÍA A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL (ESTP)

UNIDAD No.	MEDIDOR No.	LECTURAS DEL MEDIDOR			CONSTANTE	ENERGÍA EN kWh
		INICIAL	FINAL	DIFERENCIA		

IV.- ENERGÍA ENTREGADA (EE)

Iva. ENERGÍA ENTREGADA POR UNIDAD (Eeu)

UNIDAD No.	MEDIDOR No.	CÓDIGO IDENTIFICACION DEL PUNTO DE ENTREGA	LECTURAS DEL MEDIDOR			CONSTANTE	ENERGÍA EN kWh	ENERGÍA ENTREGADA (kWh)	
			INICIAL	FINAL	DIFERENCIA			MENSUAL	ACUMULADA

NOTA:

DE CONTAR CON EQUIPO DE MEDICIÓN EN EL LADO DE ALTA DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE CADA UNIDAD, SE APLICARÁ EL SIGUIENTE ALGORITMO

$$Eeu = III - (Ii_c + Ii_e + Ii_f + Ii_g)$$

CUANDO NO SE CUENTE CON MEDICIÓN EN EL LADO DE ALTA DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL, LA ENERGÍA ENTREGADA POR UNIDAD SE OBTENDRÁ EMPLEANDO EL SIGUIENTE ALGORITMO POR UNIDAD

$$Eeu = Ia - (Ii_a + Ii_b + Ii_c + Ii_d + Ii_e + Ii_f + Ii_g)$$

ó

$$Eeu = I - Ii_h$$

FORMATO 03G

IVb. ENERGÍA ENTREGADA POR LA CENTRAL (EE)

NOTA:

DE NO CONTAR CON EQUIPO DE MEDICIÓN EN EL PUNTO DE ENTREGA ACORDADO CON TRANSMISIÓN O DISTRIBUCIÓN, SE DEBE EMPLEAR EL SIGUIENTE ALGORITMO:

$$EE = \sum_{i=1}^n (Eeu)_i$$

SIENDO LA ENERGÍA ENTREGADA POR LA CENTRAL (EE) IGUAL A LA SUMA DE LAS ENERGÍAS ENTREGADAS POR UNIDAD (Eeu)

TOTAL DE ENERGÍA ENTREGADA

TOTAL DE ENERGÍA ENTREGADA

RESPONSABLES DE CONCILIAR

ELABORO

Vo. Bo.

PROCESO QUE ENTREGA

PROCESO QUE RECIBE

FRMA _____
 NOMBRE _____
 CARGO _____

CÉDULA DE FORMALIZACIÓN DE ENTREGA DE ENERGÍA
PROCESO DE GENERACIÓN

FORMATO 04G

CENTRAL: _____

MES: _____

AÑO: _____

I- ENERGIA PRODUCIDA

UNIDADES EN
kWh

Ia.- TOTAL DE ENERGIA PRODUCIDA

II- ENERGIA CONSUMIDA AUTOABASTECIDA

Iia.- A TRAVÉS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIOS PROPIOS

Iib.- POR EL TRANSFORMADOR PRINCIPAL

Iic.- A TRAVÉS DEL TRANSFORMADOR DE ARRANQUE

Iid.- A TRAVÉS DEL TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN

Iie.- A TRAVÉS DEL TRANSFORMADOR AUXILIAR

Iif.- ABAST. A OTRA UNIDAD PARA OPERAR COMO CONDENSADOR SINCRONO

Iig.- ABASTECIDA A OTRA(S) UNIDAD(ES) PARA SU ARRANQUE

Iih.- TOTAL DE ENERGIA CONSUMIDA AUTOABASTECIDA POR LAS UNIDADES

IV.- ENERGIA ENTREGADA

IVb.- TOTAL DE ENERGÍA ENTREGADA POR LA CENTRAL

RESPONSABLES:

PROCESO QUE ENTREGA

PROCESO QUE RECIBE

CÉDULA DE BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROCESO DE GENERACIÓN

FORMATO 05G

CENTRAL: _____

MES: _____

AÑO: _____

I.- ENERGÍA RECIBIDA (ER).

UNIDADES EN
kWh

Ia.- ENERGÍA PRODUCIDA (Ep)

Ib.- ENERGÍA RECIBIDA DE TRANSMISIÓN (GrT)

Ic.- ENERGÍA RECIBIDA DE DISTRIBUCIÓN (GrD)

II.- ENERGÍA CONSUMIDA (EC)

Ila.- ENERGÍA CONSUMIDA AUTOABASTECIDA POR LAS UNIDADES (Eca)

Ilb.- ENERGÍA CONSUMIDA RECIBIDA DE TRANSMISIÓN (EcrT)

Ilc.- ENERGÍA CONSUMIDA RECIBIDA DE DISTRIBUCIÓN (EcrD)

IV.- ENERGÍA ENTREGADA (EE)

IVb.- ENERGÍA ENTREGADA POR LA CENTRAL

--

SIENDO EL BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL PROCESO DE GENERACIÓN:

$$ER - EC = EE$$

RESPONSABLES:

ELABORÓ

Vo.Bo.

CÉDULA DE BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROCESO DE GENERACIÓN

FORMATO 07G

GERENCIA/SUBGERENCIA

MES: _____

AÑO: _____

I.- ENERGÍA RECIBIDA (ER).

UNIDADES EN
kWh

Ia.- ENERGÍA PRODUCIDA (Ep)

Ib.- ENERGÍA RECIBIDA DE TRANSMISIÓN (GrT)

Ic.- ENERGÍA RECIBIDA DE DISTRIBUCIÓN (GrD)

II.- ENERGÍA CONSUMIDA (EC)

IIa.- ENERGÍA CONSUMIDA AUTOABASTECIDA POR LAS UNIDADES (EcA)

IIb.- ENERGÍA CONSUMIDA RECIBIDA DE TRANSMISIÓN (EcrT)

IIc.- ENERGÍA CONSUMIDA RECIBIDA DE DISTRIBUCIÓN (EcrD)

IV.- ENERGÍA ENTREGADA (EE)

IVb.- ENERGÍA ENTREGADA POR LA CENTRAL

--

SIENDO EL BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL PROCESO DE GENERACIÓN:

$$ER - EC = EE$$

RESPONSABLES:

ELABORÓ

Vo.Bo.

CÉDULA DE BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROCESO DE GENERACIÓN

FORMATO 08G

SUBDIRECCIÓN DE GENERACIÓN MES: _____

AÑO: _____

I.- ENERGÍA RECIBIDA (ER).

UNIDADES EN
kWh

1a.- ENERGÍA PRODUCIDA (Ep)

1b.- ENERGÍA RECIBIDA DE TRANSMISIÓN (GrT)

1c.- ENERGÍA RECIBIDA DE DISTRIBUCIÓN (GrD)

II.- ENERGÍA CONSUMIDA (EC)

IIa.- ENERGÍA CONSUMIDA AUTOABASTECIDA POR LAS UNIDADES (EcA)

IIb.- ENERGÍA CONSUMIDA RECIBIDA DE TRANSMISIÓN (EcT)

IIc.- ENERGÍA CONSUMIDA RECIBIDA DE DISTRIBUCIÓN (EcD)

IV.- ENERGÍA ENTREGADA (EE)

IVb.- ENERGÍA ENTREGADA POR LA CENTRAL

--

SIENDO EL BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL PROCESO DE GENERACIÓN:

$$ER - EC = EE$$

RESPONSABLES:

ELABORÓ

Vo.Bo.

CÉDULA DE CONSOLIDACIÓN DE LA SUBDIRECCIÓN
DE GENERACIÓN (C. F. E.)/PRODUCCIÓN (L. y F. C.)
DATOS BÁSICOS MENSUALES

FORMATO 09G

VALORES DEL MES _____ DE _____

NOMENCLATURA	TIPO DE PROCESO DE GENERACIÓN	kWh
H	HIDROELÉCTRICA	
V	VAPOR CONVENCIONAL	
CI	COMBUSTIÓN INTERNA	
CE	CARBOELÉCTRICA	
CC	CICLO COMBINADO	
EN	NUCLEOELÉCTRICA	
TG	TURBO GAS	
GEO	GEOTERMOELÉCTRICA	
DUAL	DUAL	
EOLO	EOLOELÉCTRICA	
Ep	TOTAL DE ENERGÍA PRODUCIDA	

H	HIDROELÉCTRICA	
V	VAPOR CONVENCIONAL	
CI	COMBUSTIÓN INTERNA	
CE	CARBOELÉCTRICA	
CC	CICLO COMBINADO	
EN	NUCLEOELÉCTRICA	
TG	TURBO GAS	
GEO	GEOTERMOELÉCTRICA	
DUAL	DUAL	
EOLO	EOLOELÉCTRICA	
EcA	TOTAL DE ENERGÍA CONSUMIDA AUTOABASTECIDA	

NOMENCLATURA	TIPO DE PROCESO DE GENERACIÓN	kWh
H	HIDROELÉCTRICA	
V	VAPOR CONVENCIONAL	
CI	COMBUSTIÓN INTERNA	
CE	CARBOELÉCTRICA	
CC	CICLO COMBINADO	
EN	NUCLEOELÉCTRICA	
TG	TURBO GAS	
GEO	GEOTERMOELÉCTRICA	
DUAL	DUAL	
EOLO	EOLOELÉCTRICA	
EET	TOTAL DE ENERGÍA ENTREGADA A TRANSMISIÓN	

H	HIDROELÉCTRICA	
V	VAPOR CONVENCIONAL	
CI	COMBUSTIÓN INTERNA	
CE	CARBOELÉCTRICA	
CC	CICLO COMBINADO	
EN	NUCLEOELÉCTRICA	
TG	TURBO GAS	
GEO	GEOTERMOELÉCTRICA	
DUAL	DUAL	
EOLO	EOLOELÉCTRICA	
EED	TOTAL DE ENERGÍA ENTREGADA A DISTRIBUCIÓN	

EE	TOTAL DE ENERGÍA ENTREGADA	
-----------	-----------------------------------	--

ELABORÓ

4.4 Nodo de Instalación

En CFE se ha iniciado un proceso de modernización en los procesos de intercambio de información que ratifica la necesidad de analizar con el mayor detalle posible los flujos de energía entre procesos y las pérdidas de energía en cada punto del sistema, esto se facilita mucho con el uso de modernos sistemas computacionales y redes de comunicación. En diferentes tipos de instalaciones de CFE se han instalado permanentemente algunas computadoras industriales que interrogan a los medidores con una frecuencia mucho mayor que la que sería posible hacer manualmente o conectando y desconectando repetidamente una computadora portátil (en ocasiones hasta cada 5 minutos), estas computadoras son llamadas nodos de instalación.

Un nodo de instalación ó Concentrador de Información de Instalación (CII), está conectado a toda la cadena de medidores mediante un puerto de comunicaciones y a la Intranet de la CFE en otro puerto, de manera tal que desde cualquier punto de la red de CFE a lo largo y ancho del país, se puede consultar la información generada en las instalaciones que cuentan con ese equipo.

Los CII's ubicados en una central generadora, ofrecen información adicional relativa al balance de energía, usando exactamente el mismo algoritmo de cálculo, la información se calcula de manera horaria, así que cuando se coteja la información generada por el CII con la generada por el SIMO, se obtienen cifras idénticas. Además de calcular el balance de energía un nodo de instalación puede brindar la información que el SIMO requiere para una entrada automática.

Las entidades interesadas en la información que genera un CII son los procesos de Generación, Transmisión y Distribución, además del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), con la intención de evaluar la operación de los diferentes procesos, para la planificación de los despachos y el análisis de las pérdidas en el sistema. El CENACE es encargado del control del enorme sistema eléctrico interconectado nacional, para sincronizar las operaciones de todas las centrales conforme la demanda lo requiere. El CII no es usado para ese control, sino para un análisis de la gestión de las centrales, las líneas de transmisión y las redes de distribución, así como para el análisis del mercado de energía, también llamado mercado virtual ó sombra, por estar aún en una fase de prueba y estudio.

Es así como el CII representa la aplicación computacional más moderna que involucra el cálculo del balance de energía, utilizando tecnología avanzada y aprovechando diversas herramientas de ingeniería para contar con una automatización total entre la adquisición, proceso y explotación de la información relacionada al algoritmo de cálculo del balance de energía.

Conclusiones

El cálculo del balance de energía en una central generadora, como parte del análisis operativo de la central, sirve para conocer datos relacionados con el comportamiento de la central. El principal resultado que se obtiene de la aplicación del cálculo, es la energía que la central entrega a Transmisión o Distribución, aunque es posible definir otros procesos que reciban la energía, como por ejemplo Luz y Fuerza del Centro o Cogeneradores. Por otra parte se obtienen datos como la energía que se produce, el consumo interno de la central y las pérdidas de energía, asociadas normalmente al transformador principal. Toda esta información se obtiene para cada unidad generadora, debido a que si el balance de energía se cumple para todas las unidades de la central, entonces también se cumplirá para la central.

Otros resultados que se obtienen con el cálculo del balance de energía son los relacionados con los indicadores de gestión, como el factor de central, calculado usando la energía producida y la sobregeneración, que nos permite conocer el comportamiento de la central en un periodo específico de tiempo, normalmente de 1 mes.

Fueron descritos los conceptos técnicos y simbologías relacionadas al cálculo del balance, analizando a detalle los diagramas unifilares para conocer la ubicación de cada medidor dentro de la central y los posibles flujos de energía dentro de la misma, obteniendo la información necesaria para definir el arreglo eléctrico. Con el análisis del diagrama unifilar es posible determinar los diversos flujos de energía que pueden presentarse en la central y los puntos de medición.

Fue descrita la simbología que representa cada medidor, asociando ciertas características importantes a cada uno de los medidores de la central, estas características son: la clave de la ubicación, la clave del proceso asociado, las unidades que abastecen o reciben la energía censada, el porcentaje de pérdidas asociado al transformador del bus correspondiente y la energía medida.

Se describieron las características y naturaleza del proceso de cálculo, enunciando las variables a calcular, su simbología y las condiciones operativas que el algoritmo de cálculo debe prever para cada arreglo eléctrico.

Se describió la forma en que se llevan a cabo los prorrateos de energía para determinar cuánta energía fue abastecida por cada unidad para cada consumo medido, siendo los prorrateos básicamente de dos tipos, uno con base en la energía producida por cada unidad y otro con base en la capacidad efectiva de las unidades.

Se estructuró el algoritmo de cálculo, siendo posible aplicarlo para varios arreglos eléctricos diferentes, partiendo del análisis particular de varias centrales generadoras con arreglos típicos y atípicos, llegando a la generalización del análisis, para conseguir la aplicación homogénea de un

solo algoritmo para casi cualquier arreglo eléctrico. La generalización del algoritmo fue implementada a través de un diagrama de bloques y varios diagramas unifilares, debido a que se facilita la visualización y comprensión del algoritmo empleando estas herramientas gráficas.

El diagrama de bloques y los diagramas de flujo se elaboraron después de definir una secuencia lógica de cálculo. Con estos análisis gráficos se detalla paso a paso el método genérico de cálculo, obteniendo finalmente el programa computacional que permite calcular el balance de energía en una central generadora, que corresponde de manera íntegra al código fuente del programa de cálculo del balance de energía del SIMO V.4.2, usado en casi todas las centrales generadoras del país para el cálculo del balance de energía.

Finalmente se mencionan las aplicaciones computacionales usadas para obtener la información de manera automática de los medidores, para realizar los cálculos y para realizar las principales explotaciones de la información obtenida en el cálculo. Todo esto relacionado con los procesos de obtención, proceso y análisis de la información dentro de la Subdirección de Generación, para llevar a cabo la formalización, conciliación y consolidación de la información a todos los niveles jerárquicos de la Comisión Federal de Electricidad.

Como puede verse el análisis se llevó a cabo partiendo de las entradas de información, pasando por el proceso y las salidas de datos, terminando con la generalización del cálculo y una descripción de las aplicaciones principales del mismo. Siendo la principal ecuación que describe el balance de energía la siguiente:

$$\mathbf{E. Recibida - E. Consumida - E. Perdida - E. Entregada = 0}$$

Es de resaltar que los programas computacionales basados en este algoritmo han funcionado satisfactoriamente en diversos sistemas como el SIMO V.4.2 y en los CII's del proyecto SIME a lo largo y ancho del país, aún cuando existen limitaciones tecnológicas y otras relacionadas con algunos arreglos eléctricos atípicos, que también son mencionadas y analizadas a lo largo de este trabajo.

En virtud de todo lo anterior, considero que el algoritmo para el cálculo del balance de energía en centrales generadoras es un desarrollo muy útil, que nos brinda una herramienta que cumple con las características de eficiencia, precisión y homogeneidad necesarias, siendo aplicable a una gran variedad de arreglos eléctricos y fácil de implementar en aplicaciones computacionales prácticas. Es importante señalar que el algoritmo también considera la normatividad que establece los criterios y reglas definidas por la Comisión Federal de Electricidad, de manera tal que a través de su aplicación en los principales sistemas de cómputo relacionados a esta herramienta y usados por casi la totalidad de las centrales generadoras del país ha demostrado ser la mejor herramienta desarrollada hasta el momento para el cálculo de balance de energía eléctrica.

Referencias

Este trabajo está basado en el Procedimiento para la Elaboración del Balance de Energía Eléctrica (MED - 7001), por Comisión Federal de Electricidad y Luz y Fuerza del Centro. Primer Actualización, de 1998.