

## TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

# **CUANTIFICAR LA ENERGÍA GENERADA POR EFECTO DEL FRENADO REGENERATIVO EN EL MATERIAL RODANTE, EMPLEADO EN EL TRAMO CARACAS-CUA DEL INSTITUTO DE FERROCARRILES DEL ESTADO**

Prof. Guía: Ing. Alexander Cepeda.  
Tutor Industrial: Ing. Daniel Díaz.

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Smith U., Hurtado G.  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2010

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 10 de noviembre de 2010

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Smith U., Hurtado G., titulado:

**“CUANTIFICAR LA ENERGÍA GENERADA POR EFECTO DEL FRENADO  
REGENERATIVO EN EL MATERIAL RODANTE, EMPLEADO EN EL  
TRAMO CARACAS-CÚA DEL INSTITUTO DE FERROCARRILES DEL  
ESTADO”**

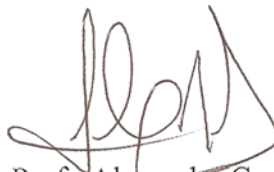
Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Potencia, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Rigel Rangel  
Jurado



Prof. Carmen Pahmer  
Jurado



Prof. Alexander Cepeda  
Prof. Guía

## DEDICATORIA

A mi Padre Sempiterno, Excelso y Todopoderoso que habita en el Cielo. Por su constancia infinita, su eterna comprensión, oportuna atención y Perpetuo Amor para con su humilde criatura. Bendito sea por Siempre.

A mis 2 queridas Madres: Carmen Nieves que reposa en el seno del Creador y no por eso deja de vivir en mí y María Alcira que siempre me apoyó y confió en mí a pesar de todas las vicisitudes y obstáculos que muchas veces yo mismo no creí sortear.

A toda mi querida familia que siempre estuvo, está y estará pendiente de mí y que represento y representaré siempre con orgullo.

A mí querida esposa Yukeisa por su inmenso apoyo y a mis dos hermosos hijos: Jesús y Alximar, que el Señor me regaló para que fueran mi columna y cayado para que la vida no me derrumbara.

A todos,

GRACIAS...

Smith Hurtado

## RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

Siempre mi eterna gratitud a mi Padre Dios Todopoderoso, Magnánimo y el más Grande y Perfecto Ingeniero que existe y existirá. Al cuál me encomiendo a diario para aprender y deleitarme de su obra, para así ser un buen profesional y sobre todo un buen ser humano y por ende un buen cristiano.

A mí querida familia que siempre me apoyó y estuvieron siempre pendiente de mi carrera dándome ánimos y estímulos para el buen término de la misma. A todos ellos mis sinceros agradecimientos.

No quiero dejar de darle las gracias a mi estimado profesor guía Msc. Ing. Alexander Cepeda por su paciencia e interés, ya que nunca me negó su ayuda a pesar de su apretada agenda y múltiples ocupaciones.

Cumplo con el deber y gusto de agradecer a todo el personal: obrero, administrativo y docente de mi estimada escuela de Ingeniería Eléctrica, a quienes le agradezco su inmensa contribución para mi formación como profesional. Debido a que me siento infinitamente orgulloso de haber sido formado por un extraordinario cuerpo de profesores, quienes se mostraron siempre preocupados por formar con calidad y excelencia a mis compañeros y a mi, y estoy convencido que lo lograron.

Al personal de la Unidad de Electrificación del IFE como a: Meredith (La gocha), Armando Flores, Isaac Cisneros, Cesar Martínez (El chivo), Pedro García, Edgardo Monasterios, Raúl Tabory, Jorge Rebolledo, José Luís Dávila y Manuel Fernández. Quienes me dieron luces y me prestaron la colaboración para entender el sistema ferroviario y comprender cosas que me ayudaron a realizar mi trabajo en campo y así obtener los datos necesarios para el desarrollo de mi trabajo de grado.

A mi tutor Industrial el Ing. Daniel Díaz por su colaboración y tiempo invertido durante mi estancia en la unidad de Electrificación.

Al personal de la Unidad de Talleres, como William Escalona y al Ingeniero Deybi Peralta, por sus valorables atenciones y colaboración, ya que su apoyo fue muy importante.

A todos, mi agradecimiento inconmensurable, ya que pusieron su grano de arena para la obtención de este logro tan preciado para mí, que ha sido y será una de las luchas más arduas que haya dado en mi vida.

GRACIAS...

Smith Hurtado.

Smith U., Hurtado G.

## **CUANTIFICAR LA ENERGÍA GENERADA POR EFECTO DEL FRENADO REGENERATIVO EN EL MATERIAL RODANTE, EMPLEADO EN EL TRAMO CARACAS-CUA DEL INSTITUTO DE FERROCARRILES DEL ESTADO**

**Prof.Guía:** Msc. Ing. Alexander Cepeda. **Tutor Industrial:** Ing. Daniel Díaz. **Tesis.** Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. **Ingeniero Electricista. Opción:** Potencia. **Institución:** Instituto de Ferrocarriles del Estado (IFE). 2010. 93h.+anexos.

**Palabras Claves:** Freno Regenerativo; Energía Regenerada; Tracción; Catenaria; Convertidor PWM; Inversor VVVF; Control Vectorial; EMU.

**Resumen.** La gerencia de Mantenimiento e Ingeniería, del Instituto de Ferrocarriles del Estado, ha decidido hacer un estudio del flujo energético que retorna por las líneas aéreas de contacto de alimentación al tren (Catenarias), cuando actúa el freno regenerativo. Para evaluar el posible aprovechamiento del mismo.

Para determinar la energía devuelta a la catenaria, se realizó una prueba con un tren de composición doble en un horario no comercial, para con ello tomar mediciones “indirectas” de la potencia regenerada y traccionada. Estas mediciones se realizaron en panel principal de medición y maniobras de la Sub-Estación Eléctrica Charallave Norte.

Con los datos aportados por las mediciones mencionadas, la energía regenerada ha sido cuantificada y la misma pudiera ser aprovechada, debido a que en algunos tramos de circulación la magnitud de la regeneración es significativa (comparada con la demanda), ya que con la misma se pudiera alimentar los servicios auxiliares de circulación; como los puestos tecnológicos, que realizan funciones importantes de: control, telecomunicación, cambio de vías, ATP e iluminación de túneles.

También se podría utilizar la energía regenerada para la tracción del material rodante, previo análisis de malla de tiempo-movimiento, y alimentación de los edificios de servicios auxiliares desde la Sub-Estación Charallave Norte. Esto, por supuesto, haría al sistema más eficiente y optimizaría la energía tomada del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Se puede afirmar que es innecesario el uso de cargas resistivas que absorban la potencia devuelta para garantizar el frenado eléctrico. En caso de no reutilizarse la energía regenerada, esta es absorbida por la carga que representan los otros trenes en funcionamiento en el mismo instante, los sistemas auxiliares y/o cuartos de distribución y por el SIN que maneja potencias mucho mayores, es decir, la energía devuelta es de un porcentaje pequeño en comparación a la demandada por las cargas del mismo; por lo que la dicha energía es absorbida de forma óptima.

## ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
LISTAS DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xiii
SIGLAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....	4
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Objetivo General.....	5
1.3 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Metodología.....	6
CAPÍTULO II.	
TEORÍA DE OPERACIÓN.....	8
2.1 Freno Dinámico.....	8
2.2 Tipos de Frenos Dinámicos.....	8
Freno Regenerativo y Reostático.....	9
2.3 Comparación entre Freno Reostático y Regenerativo.....	9
2.4 Características de la Máquina de Inducción.....	10
Deslizamiento, velocidad de rotación, frecuencia de deslizamiento y factor de deslizamiento.....	10
Par motor generado en el rotor.....	11

2.5 Sistema de control del motor de inducción usando inversor VVVF.....	12
Sistema de control para el motor de inducción	
Idea General.....	12
Característica de par del motor de inducción.....	13
Método de control básico.....	15
Principio de operación del inversor del	
motor de inducción e inversor VVVF.....	19
Control vectorial del inversor VVVF.....	20
Idea General	
Principio del control vectorial	
Diagramas en bloques del control vectorial	
Elementos de control.....	20
Comando de salida.....	21
Funciones realizadas por el control vectorial.....	22
2.6 Principio del convertidor PWM	
Idea general.....	23
Conversión de energía eléctrica de CA a energía de CC con convertidor	
PWM...24	
Comparación entre el inversor VVVF y el convertidor PWM.....	24
Control del factor de Potencia.....	26
2.7 Especificaciones del circuito de activación.....	27
Especificaciones del convertidor principal.....	30
Especificaciones generales.....	30
2.8 Preparación para la operación.....	31
Entrada de comando de freno.....	31
Control de desvanecimiento de frenado por recuperación.....	36



### **CAPÍTULO III**

#### **DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ASOCIADA A LA SUB-ESTACIÓN CHN.....37**

##### **3.1 Descripción del Sistema Eléctrico del tramo Caracas-Cúa.....37**

##### **3.2 Cargas asociadas a la S/E CHN.....40**

Cargas asociadas a la línea área de contacto

Patios y Talleres

Puestos Tecnológicos.....40

Material Rodante.....41

Cargas asociadas a los transformadores de servicios auxiliares TM1 y TM2.....41

### **CAPÍTULO IV.**

#### **COMPORTAMIENTO DE LAS CARGAS ASOCIADAS A LA S/E**

#### **CHN.....43**

##### **4.1 Cargas conectadas a la línea aérea de contacto**

Puestos tecnológicos .....43

Patios y Talleres.....50

##### **4.2 Cargas conectadas aguas abajo de TM1 y TM2.....52**

Centro de Regulación Trafico (Edificio 34) .....53

Estación CHN.....56

Taller Central de Reparaciones (Secundaria 1) .....58

Base de mantenimiento (Secundaria 2) .....60

Transformador de Servicios Auxiliares de la Subestación (TRSA).....62

### **CAPÍTULO V**

#### **METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y RESULTADOS DE LA PRUEBA PRINCIPAL AL MATERIAL RODANTE.....66**

5.1	Metodología de cálculo.....	66
5.2	Descripción de la prueba.....	69
5.3	Resultados de la prueba.....	70
	Subtramo Cúa-CHN.....	71
	Subtramo CHN-Caracas.....	76
	Subtramo Caracas-CHN.....	78
	Subtramo CHN-Cúa.....	80
5.4	Consideraciones u datos resaltantes finales.....	82
	Caracas-Cúa.....	82
	Cúa-Caracas.....	83
	Cotejo de tramos completos.....	84
	Relación de energías entre material rodante, con y sin carga.....	86
	CONCLUSIONES.....	88
	RECOMENDACIONES.....	91
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	92
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	ANEXOS.....	94

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
2.5-1 Característica de velocidad-par motor (Cuando sólo se cambia la frecuencia).....	14
2.5-2 Característica de velocidad-par motor (Cuando sólo se cambia la tensión).....	14
2.5-3 Característica de velocidad-par motor (constante V/f).....	15
2.5-4 Característica de par-velocidad .....	16
2.5-5 Circuito equivalente del motor de inducción y vector de tensión .....	21
2.5-6 Control de tensión de salida.....	22
2.6-1 Comparación del convertidor e inversor.....	25
2.6-2 Vector del motor.....	25
2.6-3 Vector del convertidor PWM.....	26
2.7-2 Circuito del convertidor principal .....	29
2.7-3 Formación del tren.....	31
2.8-1 Circuito de control de señal de frenado por recuperación.....	32
2.8-2 Organigrama de la señal de frenado.....	33
2.8-3 Características de frenado.....	34
2.8-4 Mezcla de frenado por recuperación y freno neumático .....	35
3.1 Diagrama unifilar del sistema eléctrico asociado a la S/E CHN.....	38
4.1 Potencia activa del Puesto Tecnológico 1.....	45
4.2 Potencia activa del Puesto Tecnológico 2.....	46
4.3 Potencia activa del Puesto Tecnológico 3.....	47

4.4	Potencia activa del Puesto Tecnológico 4.....	48
4.5	Potencia activa del Puesto Tecnológico 5.....	49
4.6	Potencia activa de Patios y Talleres.....	52
4.7	Diagrama unifilar de cargas asociadas a S/E CHN.....	54
4.8	Comportamiento de las cargas Edif.34.....	56
4.9	Comportamiento de las cargas Estación CHN.....	58
4.10	Comportamiento de las cargas secundaria 1.....	60
4.11	Comportamiento de las cargas secundaria 2.....	62
4.12	Comportamiento de las cargas de la unidad de electrificación.....	64
5.1	Plano simplificado del sistema alimentado desde la S/E CHN.....	67
5.2	Colocación de cámara digital para registro de valores de potencia.....	70
5.3	Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el tramo Cúa-CHN.....	75
5.4	Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el tramo CHN-Caracas....	77
5.5	Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el tramo Caracas-CHN....	79
5.6	Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el tramo CHN-Cúa.....	81

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Pág.</b>
2.7-1 Peso del vehículo.....	31
4.1 Variables censadas en el Puesto Tecnológico 1 (PT1) .....	44
4.2 Variables censadas en el Puesto Tecnológico 2 (PT2) .....	45
4.3 Variables censadas en el Puesto Tecnológico 3 (PT3) .....	46
4.4 Variables censadas en el Puesto Tecnológico 4 (PT4) .....	48
4.5 Variables censadas en el Puesto Tecnológico 5 (PT5) .....	49
4.6 Resumen de valores de potencia en los Puestos Tecnológicos (PTs) .....	50
4.7 Variables censadas en Patios y Talleres.....	51
4.8 a,b Variables censadas en el edificio 34.....	54
4.9 a,b Variables censadas en estación CHN.....	57
4.10 Variables censadas en secundaria 1.....	59
4.11 Variables censadas en secundaria 2.....	61
4.12 Variables censadas en la unidad de Electrificación.....	63
4.13 Resumen de valores de potencia Serv. Aux.....	64
5.1 Carga conjunta de Puestos Tecnológicos y Serv. Aux. ....	70
5.2 a,b Registros de prueba Cúa-CHN.....	72
5.3 Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo Cúa-CHN.....	76
5.4 Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo CHN-Caracas.....	77
5.5 Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo Caracas-CHN.....	79
5.6 Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo CHN-Cúa.....	81
5.7 Tabla Resumen de resultados de la prueba al Material Rodante.....	85

## SIGLAS

S/E.....	Sub-Estación
IFE.....	Instituto de Ferrocarriles del Estado
EMU.....	Unidad Eléctrica Múltiple
CHN.....	Charallave Norte
PTs.....	Puestos Tecnológicos
MCB.....	Main Circuit Breaker
ATP.....	Automatic Train Protection
VVVF.....	Voltaje Variable Frecuencia Variable
CC.....	Corriente Continua
PWM.....	Pulse Width Modulation
CA.....	Corriente Alterna
IGBT.....	Transistor Bipolar de Compuerta Aislado
CRT.....	Centro de Regulación de Tráfico
TRSA.....	Transformador de Servicios Auxiliares
SIN.....	Sistema Interconectado Nacional
EMU.....	Unidad Eléctrica Múltiple

## INTRODUCCIÓN

El material rodante empleado en el tramo Caracas-Tuy Medio del sistema ferroviario nacional posee la característica, que cuando se aplican los frenos (regenerativo) al mismo, las máquinas de tracción se convierten en generadores; que producen energía mientras actúa dicho freno. Esta energía es devuelta a la línea aérea de contacto. Por lo tanto el objetivo general del presente trabajo fue cuantificar el flujo energético devuelto, ya que el IFE se encuentra interesado en conocer la magnitud del mismo.

Es importante aclarar que en lo sucesivo se usará la terminología: material rodante, EMU o tren como sinónimos, dependiendo del contexto en que citen los mismos.

Para la obtención de la magnitud del flujo energético debido a la regeneración, se realizó un trabajo de campo donde se indagó acerca del comportamiento de las cargas asociadas al sistema de alimentación del material rodante. También se realizó una prueba donde se censaron algunas variables, que llevaron a encontrar la energía regenerada que es el objetivo principal de la investigación.

Este trabajo se estructuró en cinco capítulos. En el Capítulo I se delimita el problema en estudio y se presentan los objetivos y las actividades conducentes a satisfacer los requerimientos planteados. Se hace el planteamiento del problema, se detallan los objetivos específicos y generales, así como también se explica la metodología empleada para la consecución de los mismos.

El Capítulo II enfoca los tópicos teóricos que explican la teoría de operación del material rodante, haciendo énfasis o puntualizando los aspectos del

funcionamiento eléctrico del mismo, ya que se considera importante tener conocimiento de ellos. Como por ejemplo, saber porqué el transformador principal ve aguas abajo, al tren como una carga resistiva; a pesar de tener sendas máquinas de inducción que tienen u ofrecen una carga inductiva importante. Además, conocer cuando deja de actuar el freno eléctrico para actuar el freno neumático y que en funcionamiento normal el freno eléctrico deja de actuar cuando el material rodante alcanza una velocidad de 5 Km/h para que actúe el freno neumático. También ofrecer información del principio básico del funcionamiento del sistema de control vectorial, ya que el mismo es un novedoso sistema que controla la máquina asincrónica de manera que esta tenga el comportamiento de una máquina DC de excitación separada.

En el Capítulo III se describe la red eléctrica de distribución que alimenta las diferentes cargas asociadas a la sub-estación Charallave Norte. Esto se realiza con el fin de tener una visión clara de las cargas asociadas a la S/E, que alimenta al material rodante, carga principal bajo estudio, e influyen en las mediciones realizadas de potencia y energía del sistema.

En el Capítulo IV se reportan los datos y resultados obtenidos de las diferentes mediciones realizadas en campo a los cuartos de distribución que suministran energía a las cargas mencionadas, que es parte de los objetivos específicos del presente trabajo.

En Capítulo V se dan a conocer y se analizan los resultados de la prueba principal que se le hizo al material rodante, para la consecución del objetivo general del trabajo especial de grado. En el mismo se esboza y precisa la metodología de cálculo que sustenta el procedimiento seguido para el procesamiento de los datos adquiridos o registrados durante la prueba realizada al material rodante.

Es importante destacar que la mayoría de los datos obtenidos se presentan en tablas que fueron ubicadas en la sección de anexos, ya que las mismas en la mayoría



de los casos, son bastantes extensas y no es necesario ilustrar todos los registros, sino que a lo largo del último capítulo se citan los datos más importantes.

Por último se realizan las conclusiones obtenidas del análisis y resultado del trabajo, para luego realizar algunas recomendaciones consideradas pertinentes.

# CAPITULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

En el presente capítulo se delimita el problema en estudio y se presentan los objetivos y las actividades conducentes a satisfacer los requerimientos planteados.

### **1.1 Planteamiento del problema**

El IFE decidió realizar un estudio del flujo energético que retorna por las líneas, cuando actúa el freno regenerativo de la EMU. Esto debido a que se desconoce la cantidad de energía que se le inyecta a la misma, para hacer una evaluación costo/beneficio de su posible aprovechamiento.

Para una posible reutilización de la energía mencionada, la misma debe ser cuantificada y dar detalles precisos de los lugares o tramos donde se produce la regeneración.

La primera opción sería el aprovechamiento de la energía devuelta a la línea ya que la misma tiene un costo asociado durante el funcionamiento normal del sistema, ya que existen cargas asociadas a servicios auxiliares conectadas a la misma a lo largo de la vía férrea que pudieran reutilizar esta energía. Se analizaría su aprovechamiento local, y las formas de mejorarlo y hacerlo más eficiente y óptimo.

Para realizar la cuantificación antes citada, que es el objetivo principal del presente trabajo, se presentaron varios inconvenientes, debido a que los instrumentos de medición (amperímetros, voltímetros y vatímetros) ubicados en la S/E CHN censan los parámetros no solo asociados con la tracción y el frenado de la unidad rodante, sino también de los servicios auxiliares del tren como los Puestos Tecnológicos, y en otros casos la energía distribuida en los edificios de la zona de

patios- talleres y cuartos de distribución o secundarias que sirven de soporte a la operación del tren . Además durante la operación normal se mide el consumo no de un único tren, sino de todos los que se encuentren en funcionamiento en un instante de tiempo determinado, los cuales pudieran estar regenerando o traccionando.

Por lo tanto para sortear los inconvenientes citados se hizo un estudio del consumo típico (Potencia) de todas las cargas mencionadas y se realizaron mediciones, en un horario no comercial, con un único tren (de composición doble) en vía, para conocer los valores asociados a una sola unidad rodante.

## **1.2 Objetivo General**

Cuantificar la energía “inyectada” a la línea de alimentación (Catenaria), del material rodante, que se produce en la máquina de tracción (motor-generador) cuando actúa el freno regenerativo; en el tramo Caracas-Cúa del sistema ferroviario nacional.

## **1.3 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos que se cumplieron en el siguiente Trabajo Especial de Grado fueron los siguientes:

- Cuantificar la energía típica mínima y máxima empleada para la tracción de un tren.
- Cuantificar la energía típica consumida en las diferentes instalaciones de servicios auxiliares conectadas a la línea aérea de contacto.
- Cuantificar el consumo típico de los edificios de patios y talleres alimentados desde la subestación principal Charallave.
- Establecer el procedimiento que permita medir de forma aislada la potencia generada y/o consumida por un tren.

- Llevar a cabo las pruebas necesarias de acuerdo al procedimiento anterior estableciendo la caracterización del comportamiento de una unidad aislada.

#### **1.4 Metodología**

Las actividades que implicaron el cumplimiento de los objetivos planteados, se listan a continuación:

- Se estudió el manual oficial de funcionamiento del tren.
- Se realizaron diferentes consultas al personal técnico-profesional de la unidad de electrificación acerca del funcionamiento del sistema.
- Se realizaron diversas salidas y visitas de campo para conocer el funcionamiento de los distintos “bloques” que componen el sistema ferroviario.
- Se realizaron diversas mediciones, para determinar el consumo típico, de los servicios auxiliares conectados a la catenaria, esto es: Patios y Talleres y PTs.
- Se realizaron diversas mediciones, para determinar el consumo típico de los servicios auxiliares, alimentados desde los cuartos de distribución (Secundaria 1, Secundaria 2, Estación CHN y Edif. 34) alimentados desde la subestación principal Charallave.
- Se realizaron mediciones de potencia del material rodante. Esto se hizo en un horario no comercial.
- Para realizar la prueba anterior, previamente:
  - a) Se sacó de funcionamiento la carga de patios y talleres conectada a la catenaria. Ya que la misma presentaba un comportamiento muy dinámico, es decir, dicha carga no permanece en una banda de valor constante.
  - b) Antes de arrancar el tren, y después de sacar de funcionamiento a patios y talleres, se bajó el interruptor principal del mismo (MCB) y se tomó nota de la potencia total en el

vatímetro principal ubicado en S/E CHN. Esto se hizo con el fin de conocer la potencia del resto de carga no asociada al tren, es decir PTs y edificios de distribución.

- Las mediciones fueron registradas en una cámara de video, ya que las mismas cambiaban con rapidez en algunos intervalos.

- Luego se analizaron, minuciosamente los datos anteriormente registrados y se vaciaron en una hoja de cálculo para su posterior manejo matemático, y así obtener la potencia y energía en los diferentes tramos de circulación.

- *Inicialmente, se tenía previsto instalar un medidor de calidad de servicio al Material Rodante, para certificar los resultados y tener márgenes de error muchos más pequeños; pero la gerencia de mantenimiento consideró innecesario la colocación del mismo.*

## CAPÍTULO II

### TEORÍA DE OPERACIÓN

En este capítulo se presentan las bases teóricas que sustentan la operación eléctrica del tren, haciendo énfasis en su modo de funcionamiento y el frenado regenerativo del mismo.

#### **2.1 Freno Dinámico**

En un motor si se desconecta la corriente de alimentación, pero su armadura sigue girando por efecto de la inercia - como sería el caso de los motores de tracción de una locomotora Diesel - Eléctrica bajando una pendiente - el motor se convertirá en un generador y la tensión generada será la fuerza contra-electromotriz.

Al conectar una fuente de polaridad opuesta a la previamente utilizada en modo motor, se hará pasar una corriente eléctrica determinada con tendencia a hacer girar en sentido contrario a la armadura y de esta manera podrá ser utilizado como un freno. [1]

#### **2.2 Tipos de Frenos Dinámicos**

Los frenos dinámicos se dividen en: **Regenerativos** y **Reostáticos**.

### 2.2.1 Freno Regenerativo y Reostático

La energía cinética de un tren, en bajada o debido a su inercia, es aprovechada para convertir los motores de tracción en generadores, la corriente producida **se envía al pantógrafo para otros consumos**, acción que a su vez provoca lo que se llama frenaje regenerativo. [1]

El motor eléctrico de tracción es reconectado como generador durante el frenado y las terminales de alimentación se convierten en suministradoras de energía la cual se conduce hacia una carga eléctrica, es esta carga, la que provee el efecto de frenado.

Cuando los motores funcionan como generadores, la corriente generada en ellos se puede hacer pasar a través de resistencias eléctricas, lo que daría lugar a un **frenado reostático**. [2]

### 2.3 Comparación entre Freno Reostático y Regenerativo

Los frenos reostáticos, a diferencia de los regenerativos, *disipan* la energía eléctrica en forma de calor al hacer circular la corriente generada durante el frenado, a través de enormes bancos de resistores variables o reóstatos. Los frenos reostáticos son utilizados en carretillas elevadoras y trolebuses, además de las locomotoras eléctricas y diesel.

*La principal desventaja de los frenos regenerativos comparados con los reostáticos es la necesidad de igualar la corriente generada con la suministrada. Con las fuentes de corriente continua, esto requiere que el voltaje sea controlado estrictamente. Solamente con el desarrollo de la electrónica esto fue posible utilizar fuentes de corriente alterna, pues la frecuencia del suministro también debe ser igualada.*

Un número limitado de ferrocarriles de montaña han usado corriente trifásica para accionar motores trifásicos de inducción. Esto redundaría en una velocidad casi constante mientras el motor funciona con la frecuencia necesaria al avanzar o al frenar. [2]

## 2.4 Características de la Máquina de Inducción (Asincrónica). <sup>(1)</sup>

### a) Deslizamiento, velocidad de rotación, frecuencia de deslizamiento y factor de deslizamiento.

Cuando se aplica tensión alterna trifásica a las bobinas del estator se crea un campo magnético giratorio alrededor del estator. Y cuando se inserta un rotor tipo jaula de ardilla, en el estator que está generando el campo magnético giratorio, se produce una fuerza electromotriz inducida para permitir que la corriente secundaria fluya a través de las barras del rotor cuando éstas cruzan con el flujo del campo magnético giratorio. De esta forma se genera un par motor en el rotor.

Suponga que la frecuencia de suministro es  $f_i$  (Hz), la velocidad de giro del rotor es  $n$  (rpm) y el número de polos es  $P$ , entonces

$$n = \frac{2 \times f_i \times 60}{P} = \frac{120 f_i}{P} \quad (2.1)$$

“ $n$ ” se considera como "velocidad sincrónica".

La velocidad de giro del rotor, en una máquina de inducción, es casi igual a la del campo magnético giratorio, pero no completamente igual. A la diferencia entre ellas se le llama "**deslizamiento**". El deslizamiento es un elemento de control muy importante de un motor de inducción.

---

(1) De aquí en adelante, hasta que no se indique lo contrario, la referencia bibliográfica en el contenido de este capítulo será [3].



Mientras se suministra energía, cuando se aplica una carga al rotor, éste gira un poco más lento que el campo magnético giratorio. Por otra parte, *durante el frenado por recuperación, el rotor gira un poco más rápido que el campo magnético giratorio.*

Suponga que la frecuencia del campo magnético giratorio es  $f_i$  (Hz) y que la del rotor es  $f_m$  (Hz), entonces

$$f_i - f_m = f_s \quad (2.2)$$

Además,

$$\frac{f_i - f_m}{f_i} = S \quad (2.3)$$

$f_s$  y  $S$  son respectivamente la "frecuencia de deslizamiento" y el "factor de deslizamiento".

Mientras se suministra energía, como  $f_i$  es superior a  $f_m$ ,  $f_s$  es positiva. Por otra parte, durante el frenado por recuperación, como  $f_i$  es inferior a  $f_m$ ,  $f_s$  se convierte en negativa.

#### **b) Par motor generado en el rotor**

Por lo general, el par motor, que se genera en el rotor de un motor de inducción se indica de la forma siguiente

$$T = k \cdot \left( \frac{V}{f_i} \right)^2 \cdot f_s \quad (2.4)$$

Donde

**T:** Par                    **f<sub>i</sub>:** Frecuencia de suministro    **k:** Constante

$V$ : Tensión en los terminales del motor

$f_s$ : Frecuencia de deslizamiento

Esta expresión indica que el par motor generado ( $T$ ) es proporcional al producto de la frecuencia de deslizamiento ( $f_s$ ) y al cuadrado de la relación de la tensión aplicada ( $V$ ) en los terminales del motor a la frecuencia ( $f_i$ ).

Esto también indica que cuando el factor de deslizamiento es negativo, el par motor también se hace negativo para ejercer una fuerza de frenado. Por lo tanto, para un automotor (máquina que ejecuta determinados movimientos sin la intervención directa de una acción exterior) que tiene instalado un inversor VVVF, el esfuerzo de tracción y la fuerza del frenado por recuperación se pueden controlar fácilmente controlando  $V/f_i$  o el factor de deslizamiento. **Por lo tanto, se pueden obtener las mismas características que la de un automotor eléctrico que funciona con motor de CC.**

## 2.5 Sistema de control del motor de inducción usando inversor VVVF

### 2.5.1. Sistema de control para el motor de inducción

#### a) Idea General

Los automotores eléctricos con motor de inducción no requieren necesariamente la misma característica de velocidad-efecto de tracción que los automotores accionados por motor de CC. Sin embargo, considerando que tal vez puedan ser utilizados junto con automotores convencionales (de CC), para rescatar vagones averiados o para aprender a dominar las técnicas de manejo, **será conveniente que el motor de inducción tenga la misma característica que el motor de CC.**

Mientras que con el motor de CC la velocidad se controla básicamente mediante el control de la tensión y el control de campo, con los motores de inducción resulta necesario controlar muchos factores (tensión en los terminales del motor, corriente, frecuencia de suministro y frecuencia de deslizamiento).

### **b) Característica de par del motor de inducción**

Las Figuras 2.5-1 a 2.5-3 muestran cómo cambia la velocidad y el par motor cuando cambian la tensión del motor, la corriente, la frecuencia y el factor de deslizamiento.

La figura 2.5-1 muestra la característica cuando sólo cambia la frecuencia mientras la tensión se mantiene constante. El par motor disminuye en proporción a  $1/f^2$  (*como lo muestra la curva punteada*) y la velocidad aumenta proporcionalmente.

La Figura 2.5-2 muestra la característica cuando sólo se cambia la tensión manteniendo la frecuencia constante. El par motor aumenta en proporción a  $V^2$ , pero la velocidad no cambia.

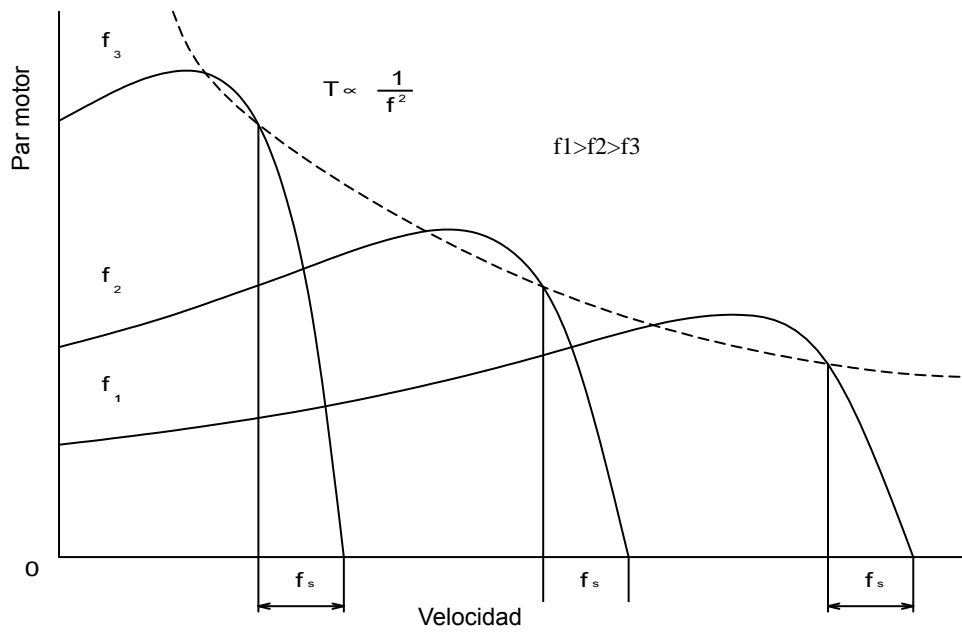


Figura 2.5-1 Característica de velocidad-par (Cuando sólo se cambia la frecuencia)[3]

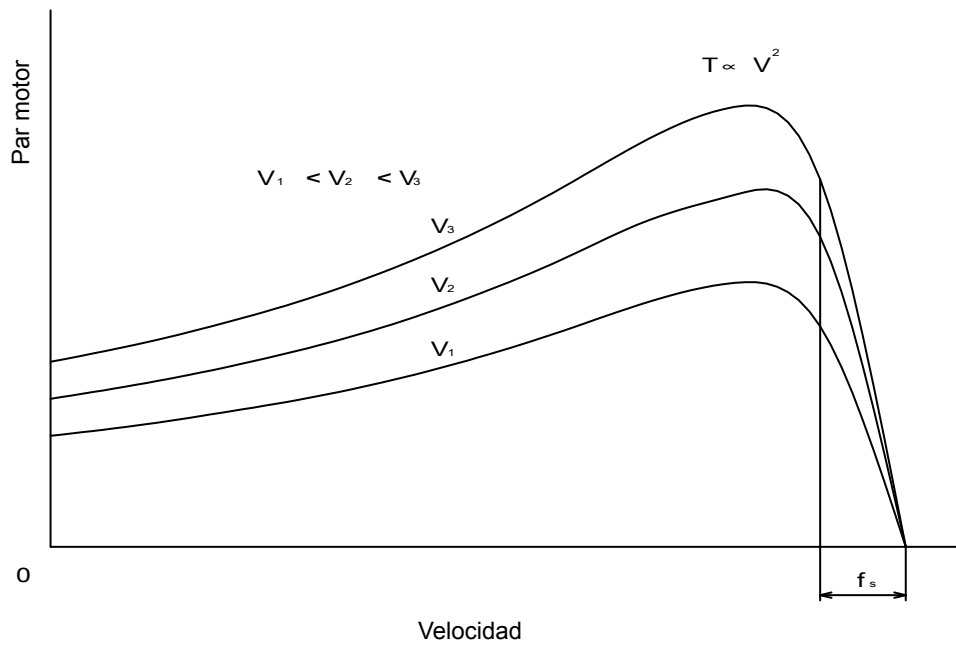


Figura 2.5-2 Característica de velocidad-par motor(Cuando sólo se cambia la tensión)  
[3]

La figura 2.5-3 muestra la característica cuando la tensión y la frecuencia

cambian manteniendo constante la relación de tensión a frecuencia (V/f). Se puede cambiar la velocidad mientras el par motor se mantiene constante.

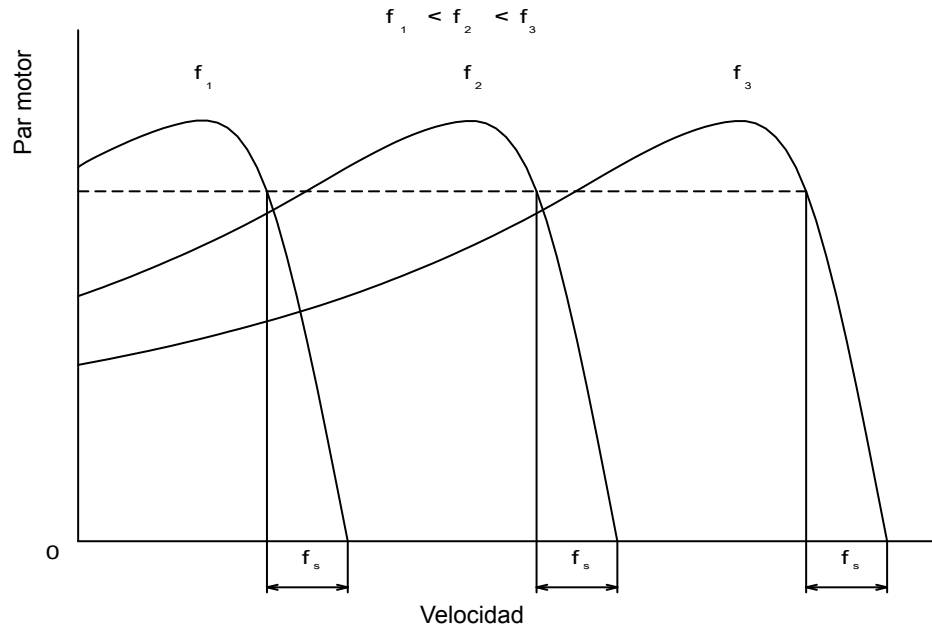


Figura 2.5-3 Característica de velocidad-par motor (constante V/f) [3]

### c) Método de control básico

Utilizando la característica explicada anteriormente acerca del motor de inducción, es posible hacer que los automotores eléctricos accionados por modo de inducción tengan la misma característica de velocidad-esfuerzo de tracción(Par) que los automotores eléctricos **accionados por motor de CC**, como se muestra en la Figura 2.5-4.

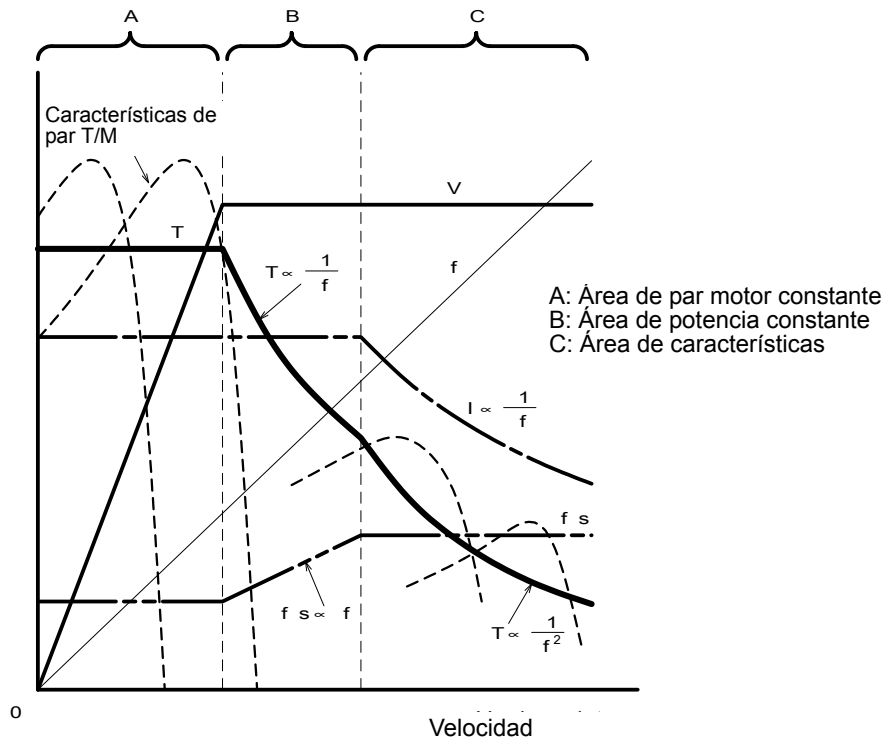


Figura 2.5-4 Característica de par-velocidad [3]

La característica mostrada en la figura anterior se puede entender fácilmente cuando se utiliza la expresión de característica básica para el par motor generado mediante el motor de inducción. La expresión de característica básica es la siguiente:

*En el área donde el factor de deslizamiento (fs) es pequeño y considerando despreciables las pérdidas en el núcleo y la resistencia del devanado, la relación entre el par motor (T), la tensión en terminales (V) y la frecuencia del inversor (f) se puede expresar mediante:*

$$T = k_4 \cdot \left(\frac{V}{f}\right)^2 \cdot f_s \quad \longrightarrow \quad (2.4)$$

Donde k4 (constante).

(1) **Área de par motor constante (A)**

Para hacer constante el par motor, en la fórmula  $T = k_1 \cdot \phi \cdot I$  (que se cumple en la máquina de inducción cuando se controla vectorialmente) necesita ser constante. Para esto es necesario controlar la corriente del motor  $I$  y el flujo magnético  $\phi$  y mantenerlos a un nivel constante, pero como la corriente del motor  $I$  va en proporción al flujo magnético  $\phi$  y a la frecuencia de deslizamiento  $f_s$ , el inversor sólo tiene que controlar el flujo magnético  $\phi$  y la frecuencia de deslizamiento  $f_s$  para mantenerlos a un nivel constante.

Para hacer constante el flujo magnético  $\phi$ , según la fórmula  $\phi = k_2 \cdot \frac{V}{f}$ , la relación de la tensión en los terminales del motor ( $V$ ) y la frecuencia ( $f$ ) necesita ser controlada para mantenerla a un nivel constante.

Por lo tanto, para hacer un par motor constante, como indica la fórmula 2.4,  $V/f$  y la frecuencia de deslizamiento  $f_s$  necesitan ser controlados para mantenerlos a un nivel constante.

Para aumentar la velocidad, la frecuencia del inversor  $f$  necesita ser aumentada. Sin embargo, para obtener un par motor de salida constante, la tensión en los terminales del motor ( $V$ ) necesita ser aumentada a la misma velocidad que la frecuencia de inversor  $f$  para que el flujo magnético  $\phi$  se haga constante. Al mismo tiempo, el factor de deslizamiento necesita ser controlado para mantenerlo a un nivel constante de forma que la corriente del motor  $I$  se haga constante.

En el área de par motor constante, manteniendo constante la corriente del motor  $I$  y la frecuencia de deslizamiento  $f_s$ , la tensión en los terminales del motor  $V$  y la frecuencia del inversor  $f$  se controlan para que  $V/f$  se haga constante. Por consiguiente, el par motor de salida se hace constante. Cuando sea necesario cambiar

el par motor según la condición de la carga, mientras  $V/f$  se mantiene constante, la frecuencia de deslizamiento cambiará para cambiar la corriente del motor y obtener el par motor requerido.

## (2) Área de energía constante (B)

Ésta es el área para obtener un esfuerzo de tracción (par motor) grande después de que la tensión en los terminales del motor alcance el nivel máximo en el área de par motor constante.

Después de alcanzar la tensión en los terminales del motor  $V$  el nivel máximo, como la tensión  $V$  se hace constante a este nivel máximo,  $V/f$  disminuye en proporción inversa a la frecuencia de inversor  $f$  según aumenta la velocidad. Por consiguiente, como indica la fórmula  $\phi = k_2 \cdot \frac{V}{f}$ , el flujo magnético  $\phi$  disminuye en proporción inversa a la frecuencia  $f$ , y la corriente del motor  $I$  también disminuye. Aquí, para que la caída de par motor sea lo más pequeña posible, es necesario realizar el control de forma que la reducción de la corriente  $I$  sea pequeña, es decir, aumentando la frecuencia de deslizamiento.

Para reducir la disminución del par motor resultante del flujo magnético  $\phi$  reducido, la frecuencia de deslizamiento  $f_s$  aumenta en proporción a la frecuencia de inversor  $f$  para que la corriente del motor  $I$  sea controlada con un nivel constante.

En el área de energía constante, como la tensión en los terminales del motor  $V$  es constante, la frecuencia  $f_s$  aumenta en proporción a la frecuencia del inversor  $f$  para que la corriente del motor  $I$  se haga constante, evitando así que disminuya el esfuerzo de tracción (par motor).



En este caso, como el flujo magnético  $\phi$  disminuye en proporción inversa a la frecuencia del inversor, el par motor disminuye en proporción inversa a la frecuencia del inversor  $f$  ( $\approx$ velocidad).

### (3) Área característica (C)

Como existe un límite en el margen de utilización de la frecuencia de deslizamiento, el factor de deslizamiento se mantiene constante después de alcanzar cierto nivel. En esta área, cómo sólo aumenta la frecuencia de inversor  $f$ , la curva característica es como se muestra en la Figura 2.5-1.

En el área característica, como la tensión en los terminales del motor se encuentra en el nivel máximo controlable, y como la frecuencia de deslizamiento que compensa la disminución en el flujo magnético  $\phi$  resultado del aumento de frecuencia del inversor no puede aumentarse más,  $V \cdot fs$  se convierte en constante. Por lo tanto, como indica la fórmula 2.4, el par motor disminuye en proporción inversa al cuadrado de la velocidad.

## 2.5.2. Principio de operación del inversor

### a) Motor de inducción e inversor VVVF

En el pasado, los motores de inducción se utilizaban a velocidades constantes en el campo industrial. *Para aplicar los motores de inducción al material rodante y sacar el máximo provecho de sus ventajas, resulta necesario poder controlar una amplia gama de velocidades y el par motor.*

Para lograrlo se desarrolló el inversor VVVF (tensión variable frecuencia variable) *que puede cambiar la tensión de salida y la frecuencia de salida, y que por*

lo tanto también puede controlar la velocidad de giro del motor de inducción.

### 2.5.3 Control Vectorial del Inversor VVVF

#### a) Idea General

Este material rodante emplea **control vectorial** como sistema de control para los motores de inducción. En comparación con *el control de frecuencia de deslizamiento* (en el cual solo se varía la frecuencia) que ha sido empleado convencionalmente como sistema de control de impulsión para material rodante, *el control vectorial puede controlar rápidamente el par motor de salida del motor de inducción como valor objetivo, mejorando la respuesta de los fenómenos transitorios como, por ejemplo, el deslizamiento y el patinaje (las ruedas dan vueltas sin avanzar).*

#### b) Elementos de control

En el control vectorial, para controlar los elementos físicos, o el par motor y el flujo magnético, éstos se convierten en elementos eléctricos. Tales elementos eléctricos son la corriente de flujo magnético **Id**, la corriente de par motor **Iq** y la frecuencia de deslizamiento **fs**. El par motor, el flujo magnético y la constante del motor se relacionan como se indica a continuación:

$$I_d^* = \frac{\phi^*}{M} \quad (2.6)$$

$$I_q^* = \frac{L_2}{M} * \frac{T_{rq}^*}{\phi^*} \quad (2.7)$$

$$f_s = \frac{R_2}{L_2} * \frac{I_q^*}{I_d^*} \quad (2.8)$$

Donde;

$I_d^*$ : Comando de corriente de flujo magnético     $\phi^*$ : Comando de flujo magnético

$I_q^*$ : Comando de corriente de par motor  
 $f_s$ : Frecuencia de deslizamiento  
 $R_2$ : Resistencia secundaria

$L_2$ : Reactancia de fuga  
 $M$ : Reactancia mutua

### b) Comando de salida

Para dar salida al par motor requerido, el inversor VVVF controla finalmente la tensión de salida  $V_1$  y su fase. La Figura 2.5-5 muestra el circuito equivalente del motor de inducción y el vector de tensión para el control vectorial.

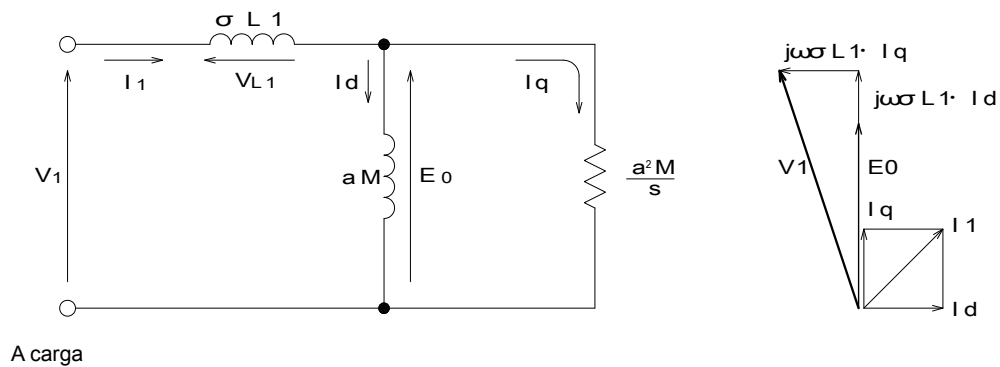


Figura 2.5-5 Circuito equivalente del motor de inducción y vector de tensión

Aquí,  $\sigma$  es el coeficiente de fuga y se expresa de la forma siguiente:

$$\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1^* L_1} \quad (2.9)$$

A continuación, tomando "Modo de 1 impulso" como ejemplo, se explica cómo controlar la tensión de salida del inversor para duplicar el par motor de salida.

*El par motor de salida se duplicará sólo cuando se duplique la corriente de par motor  $I_q$  sin cambiar la tensión inducida  $E_0$ . Para duplicar  $I_q$  solamente, también se duplica el deslizamiento  $s$ . Por lo tanto, el valor y la fase de la tensión de salida del inversor  $V_1$  se controlan como se muestra mediante el vector en la figura 2.5-6.*

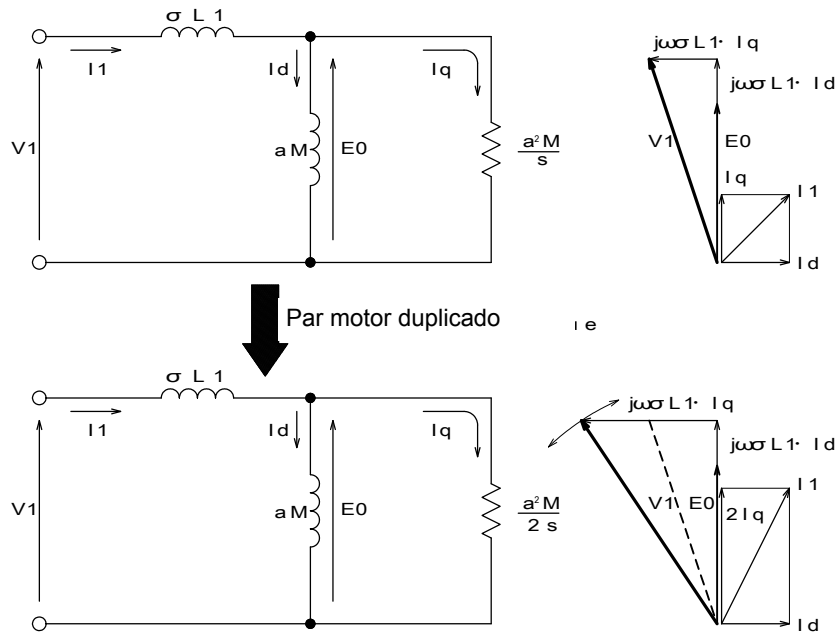


Figura 2.5-6 Control de tensión de salida

*De este modo, para controlar el par motor de salida del motor de inducción, el control vectorial del inversor VVVF controla indirectamente el flujo magnético  $\phi$  y la corriente de par motor controlando la tensión de salida y su fase.*

### c) Funciones realizadas por el control vectorial

Mayor estabilidad contra fenómenos transitorios. En la transmisión de energía de corriente continua es un fenómeno característico del material rodante que la tensión de la catenaria cambie considerablemente. Por ejemplo, la tensión de la catenaria utilizada en los trenes de conmutador ordinario es de 1500 V, pero en realidad ésta puede cambiar dentro de un margen de 900 V y 1800 V. Además, mientras se aplica el frenado por recuperación, el controlador maestro (controlador de velocidades y freno) de otro tren que esté recibiendo energía en otro lugar, trabajando por lo tanto como una carga regenerativa, podrá cambiar de repente a "ranura desactivada", y la carga regenerativa podría perderse repentinamente.

*En tal caso, con el control de frecuencia de deslizamiento convencional, la potencia regenerada no se puede reducir rápidamente y, por lo tanto, la tensión aumenta repentinamente, y la protección contra la sobre tensión se activa para detener el inversor.*

*Sin embargo, el material rodante emplea control vectorial para controlar rápidamente la regeneración, o el par motor de frenado de los motores. Por lo tanto, el control se puede hacer sin activar la protección contra sobre tensión, lo que reduce considerablemente la frecuencia de pérdida del frenado regenerativo.*

## **2.6 Principio de Convertidor PWM (Rectificador Controlado)**

### **2.6.1 Idea general**

El convertidor PWM es, como el inversor VVVF, un sistema para conversión de energía que utiliza IGBT. Mientras que el inversor VVVF convierte básicamente energía de CC en tensión variable, energía de CA de frecuencia variable, el convertidor PWM convierte energía de CA en energía de CC. Concretamente, la operación de suministro de energía del convertidor corresponde a la regeneración del inversor.

Entre las características del convertidor PWM se incluye:

- a.** Convertir energía de CA en CC aunque el sentido del IGBT sea opuesto cuando se compara con el puente de diodos.
- b.** La tensión de salida de CC aumenta con respecto al valor de cresta de la tensión de entrada de CA
- c.** Puede controlar un factor de potencia a 1,0 incluso cuando exista reactancia en el lado del circuito de CA.

**d.** Puede controlar tensión constante incluso cuando la alimentación de CA y/o la carga de CC cambie.

En general, el suministro de energía de CA monofásica se utiliza para el material rodante, y este vagón también emplea convertidor PWM monofásico. A continuación se explica cómo la energía de CA monofásica se convierte en energía de CC (mediante el convertidor).

### **2.6.2 Conversión de energía eléctrica de CA a energía de CC con convertidor PWM**

Como se ha explicado antes, el convertidor PWM es, como el inversor VVVF, un sistema para conversión de energía que utiliza IGBT, y la operación de alimentación del convertidor PWM es la opuesta a la del inversor, o corresponde a la regeneración del inversor que convierte energía de CA en energía de CC.

#### **a) Comparación entre el inversor VVVF y el convertidor PWM**

La Figura 2.6-1 compara el circuito del convertidor PWM con el del inversor monofásico. En esta figura, el transformador principal (MTr), como suministro de alimentación de entrada para el convertidor PWM, es reemplazado por un motor de inducción monofásico.

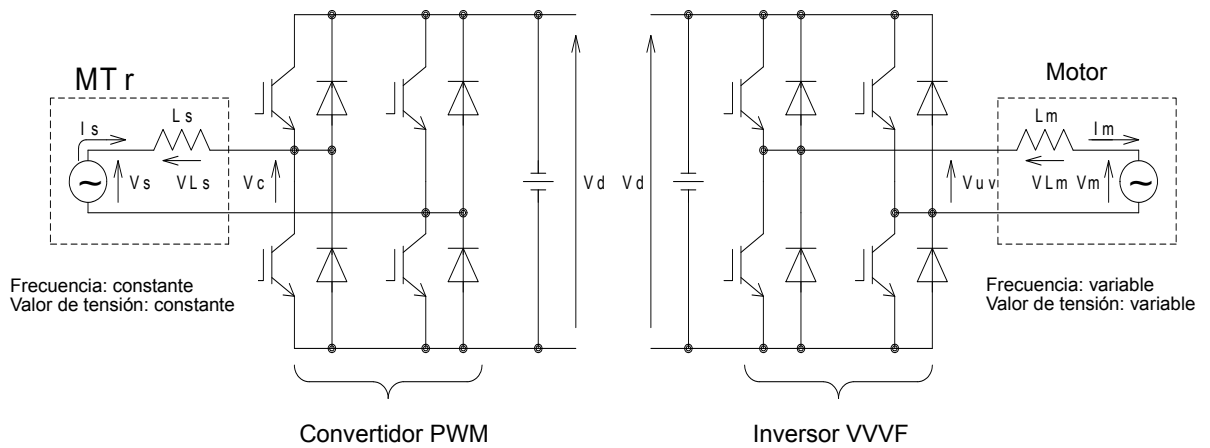


Figura 2.6-1 Comparación del convertidor e inversor

Cuando un inversor VVVF activa un motor de inducción, como ya se ha explicado en la Figura 2.5-5, la tensión en los terminales de entrada del motor  $V_{uv}$  se divide en tensión  $V_{Lm}$ , la cual se aplica a la inductancia interna  $L_m$  del motor, y tensión inducida  $V_m$ . Estas tensiones y corrientes se pueden expresar mediante vectores de la forma siguiente.

Como el motor de inducción tiene componente de inductancia, la corriente del motor  $I_m$  es retrasa por la fase  $\phi$  con respecto a la tensión en los terminales de entrada del motor (tensión de salida del inversor)  $V_{uv}$ , resultando un factor de potencia inferior a 1.0.

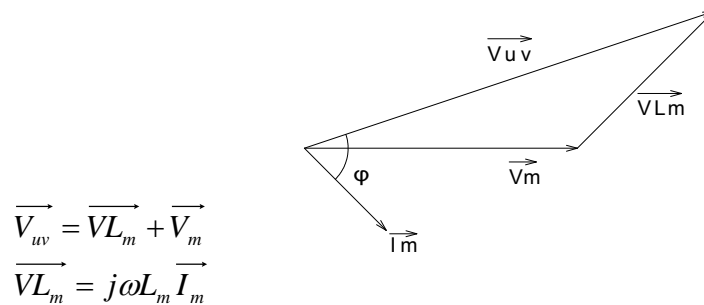


Figura 2.6-2 Vector del motor

Aquí, como la tensión inducida del motor de inducción cambia con la tensión de salida o la frecuencia del inversor VVVF, es imposible controlar la magnitud y la fase de la corriente del motor que se determinan mediante la tensión en los terminales de entrada del motor y la tensión inducida; tampoco se puede controlar el factor de potencia.

En contraposición, por la naturaleza de la fuente de alimentación (barra de 115kV del SIN), la magnitud y la fase de la tensión inducida  $V_s$  del devanado secundario del transformador son casi constantes. Por lo tanto al usar el convertidor PWM, es posible controlar la magnitud y la fase de la corriente alterna  $I_s$ , es decir, controlar el factor de potencia, controlando la magnitud y la fase de la entrada de tensión alterna  $V_c$  del convertidor.

### b) Control del Factor de Potencia

La Fig.2.6-3 muestra el diagrama del circuito básico del convertidor PWM y la relación entre la tensión individual y los vectores de corriente en la sección de CA.

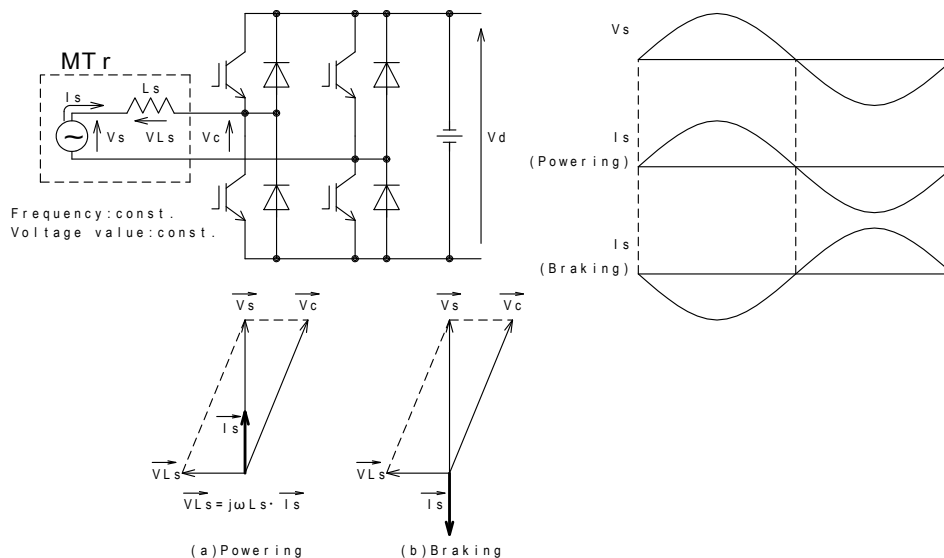


Fig.2.6-3 Vector del Convertidor PWM



Para controlar en 1,0 el factor de potencia del transformador principal observado desde la línea del trole, sólo se tiene que hacer que la corriente  $I_s$  esté en fase con la tensión secundaria  $V_s$  del transformador principal. Para que  $I_s$  esté en fase con  $V_s$ , la caída de tensión  $V_L$  en la reactancia  $L_s$  del circuito de entrada juega un papel muy importante, y resulta necesario controlar la tensión en los terminales de entrada del convertidor VC sincrónicamente con la tensión de suministro  $V_s$  de forma que  $V_L$  ponga  $V_s$  en fase.

## 2.7 Especificaciones del circuito de activación

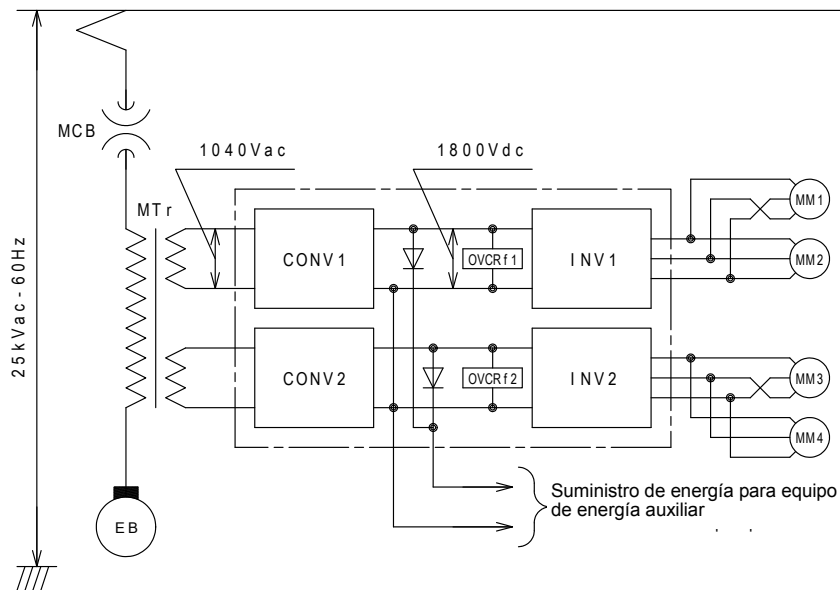


Fig. 2.7-1 Diagrama de bloques del circuito principal

La Fig. 2.7-1 muestra un diagrama de bloques simplificado del circuito eléctrico principal del material rodante.

Abajo de la línea de alimentación se encuentra el interruptor principal de protección (MCB) y el transformador principal (MTr), este transformador monofásico tiene dos devanados de salida a una tensión de aproximadamente 1,1kV en cada uno. Luego se tiene el bloque de convertidor PWM (CONV), que como se ha

mencionado con anterioridad, es un rectificador controlado cuando hay tracción y hace las veces de inversor cuando hay regeneración. Seguidamente se tiene el bus DC a una tensión aproximada de 1,8kV, donde se encuentra una protección contra sobretensión (OVCRF) y se supe a través de rectificadores a los circuitos auxiliares del material rodante. Dichos rectificadores impiden el retorno de energía al circuito principal.

El último bloque corresponde al inversor (INV) que tiene como función suplir de energía trifásica a las máquinas de inducción (MM) durante la tracción y recibir energía de ellas durante la regeneración para convertirla en DC.

La señal de activación de regeneración incluye la condición AND de que ambas unidades de control del convertidor principal (INV 1 y INV 2) se encuentren en el estado de activación del frenado por recuperación, y sólo cuando el frenado por recuperación se active por ambas unidades de convertidor-inversor se dará salida como señal digital.

La unidad de control de frenos monitorea la señal de realimentación de frenos y la señal de activación de frenado por recuperación que se introducen desde las dos unidades de control del convertidor principal y, si una de las unidades de control continúa sin dar salida a ningún comando de frenado por recuperación durante 1,5 segundos, el comando de patrón del freno se cancela para cambiar a utilizar el freno neumático solamente.

El siguiente circuito (Fig. 2.7-2) da un poco más de detalle del ilustrado en la fig. 2.7.1.

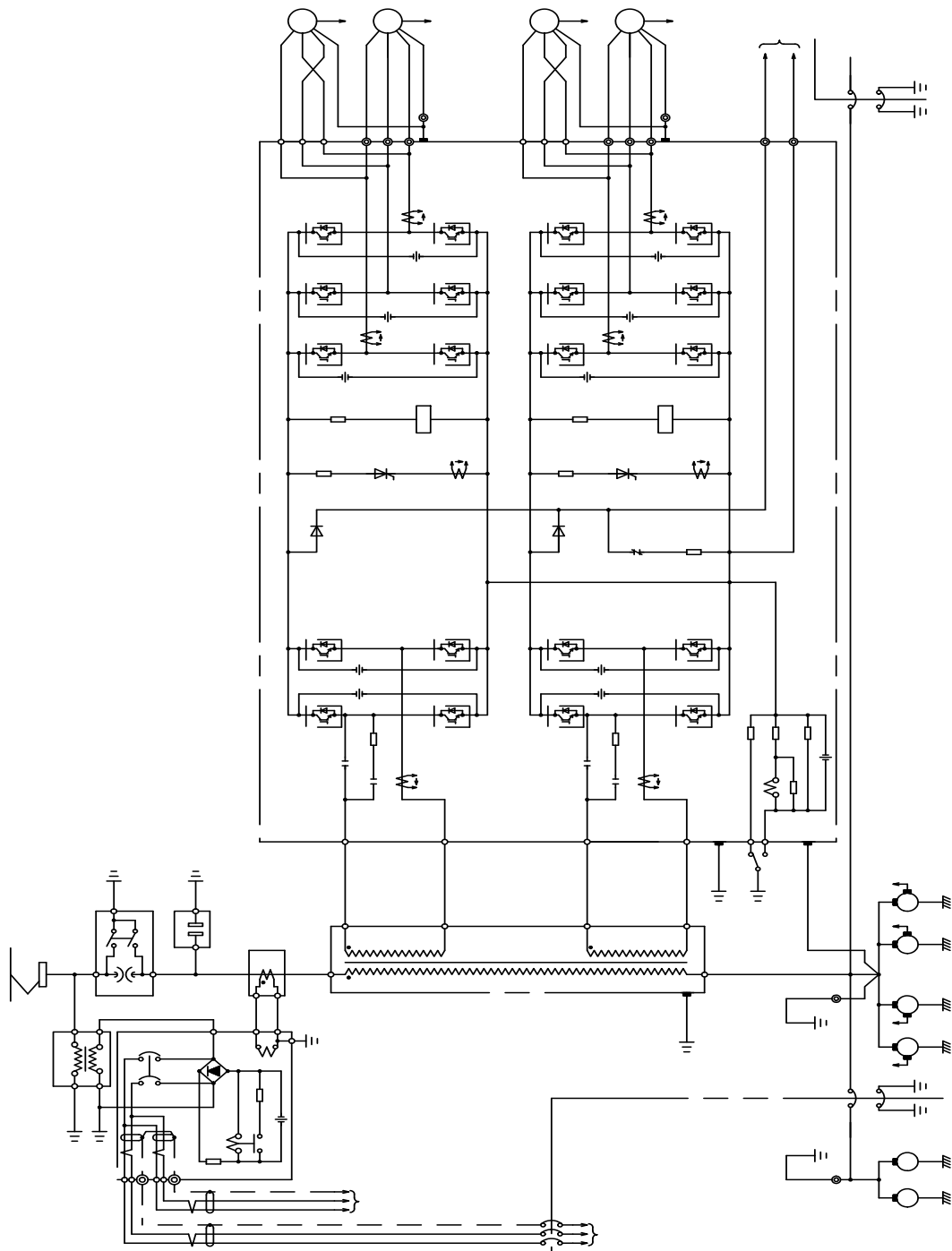


Fig. 2.7-2 Circuito del convertidor principal [3]

## 2.7.1 Especificaciones del convertidor principal

### a) Especificaciones generales

	(1)	<b>CIRCUITO PRINCIPAL</b>	
1) Formación del circuito principal		(CONVERTIDOR PWM+INVERSOR VVVF + CONTROL 2T/M) × 2Gr	
2) Tipo	(A)	CONVERTIDOR	CONVERTIDOR PWM TIPO TENSIÓN MONOFÁSICA
	(B)	INVERSOR	INVERSOR VVVF TIPO TENSIÓN TRIFÁSICA
3) Refrigeración	(A)	CONVERTIDOR	REFRIGERACIÓN DE CONVECCIÓN NATURAL SIN SOPLADOR
	(B)	INVERSOR	REFRIGERACIÓN DE CONVECCIÓN NATURAL SIN SOPLADOR

	(2)	<b>ESPECIFICACIONES</b>	
1) Tensión de catenaria		25 kV CA-60 Hz (19,5 kV - 27,5 kV)	
2) Tensión de entrada		1040 V CA-60 Hz×2 devanados (811 V CA – 1144 V CA)	
3) Tensión DC LINK		1800 V CC ±10%	
4) Tensión de salida		0 a 1380 V CA	
5) Tensión de control		100 V CC (70 V CC - 110 V CC)	
6) Potencia de salida nominal		960 kW / vagón M (240 kW cont. × 4 T/M) / 1800 V CC-65 A (SIV)	
7) Velocidad máxima		120 km/h (VELOCIDAD DE OPERACIÓN 100 km/h)	
8) Aceleración		3,60 km/h/s (Hasta 40 km/h con carga P1)	
9) Desaceleración		3,24 km/h/s <sup>Nota</sup> (Freno de emergencia: 5,04 km/h/s)	

Nota) Combinación de frenos eléctricos y neumáticos.

### (3) FORMACIÓN DEL TREN Y PESO DE LOS VEHÍCULOS

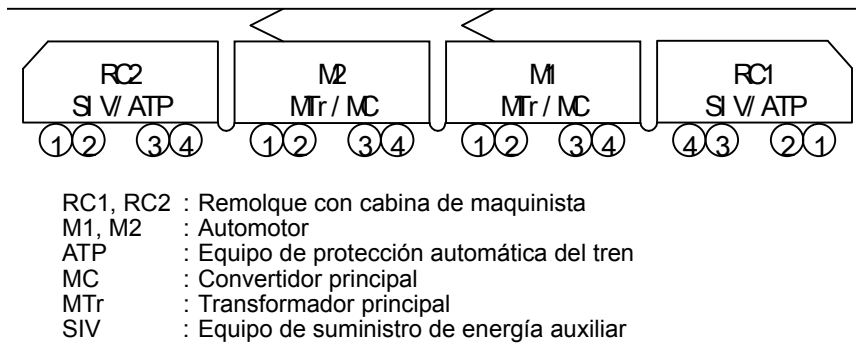


Fig. 2.7-3 Formación del tren

Tabla 2.7-1 Peso del vehículo

Vehículo	RC2	M2	M1	RC1	SUM
Carga P0	42,00	49,00	49,00	42,00	182,00
P1	48,72	56,28	56,28	48,72	210,00
P2	54,60	62,51	62,51	54,60	234,22
P3	57,61	65,66	65,66	57,61	246,54
Pd	60,55	68,74	68,74	60,55	258,58

Unidad: Toneladas

P0: Peso sin carga de pasajeros

Pd: Peso a carga máxima de pasajeros

## 2.8 Preparación para la operación

### a) Entrada de comando de freno

Como en el suministro de energía, cuando la palanca del controlador maestro (ver Fig. 2.8-1) se pone en la posición del freno, el comando de ranura de freno, como una combinación de los estados de las líneas 351, 352 y 353, se introduce en el controlador de freno. Al mismo tiempo, el comando de freno por recuperación se introduce en el convertidor principal para preparar la operación de frenado por recuperación con el inversor VVVF.

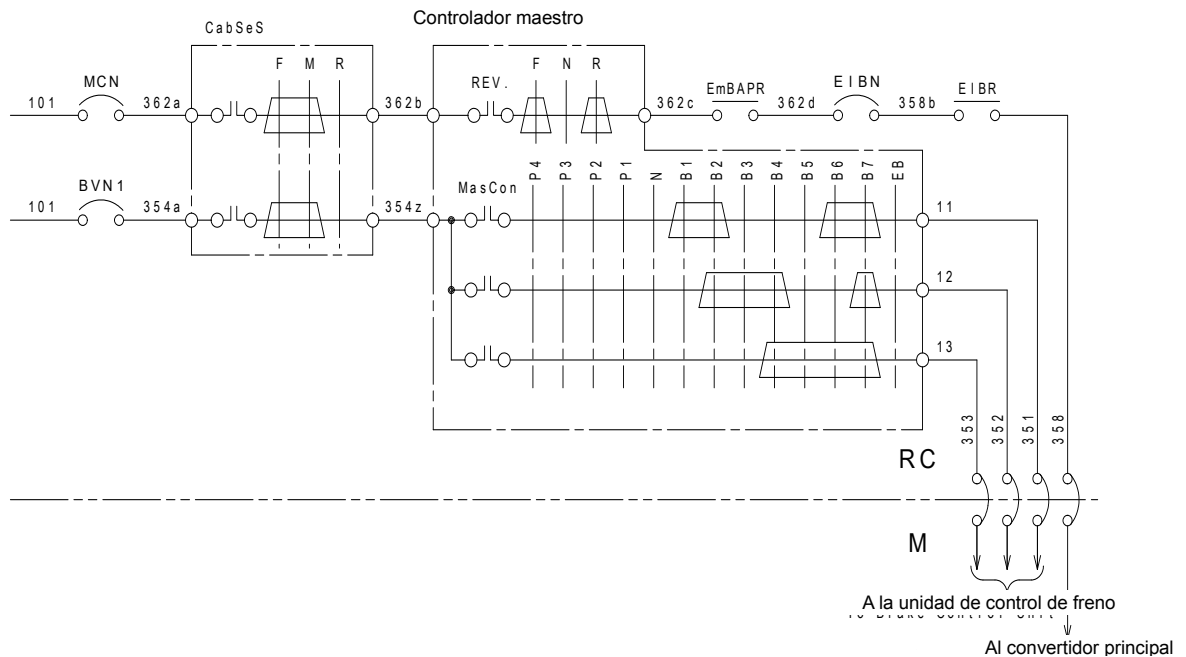


Fig. 2.8-1 Circuito de control de señal de frenado por recuperación

Para la operación de suministro de energía, las unidades de control del convertidor principal determinan y controlan la fuerza de tracción que va a salir, según el estado de las líneas de comando de ranura (11 a 14), la velocidad del tren y la señal de carga variable. Por otra parte, para el frenado por recuperación se utiliza la señal de patrón de frenado que se introduce desde la unidad de control de freno. Cuando la señal procedente de la línea 358 y la señal de patrón de frenado se introducen, las unidades de control empiezan a dar salida a la señal de compuerta hacia el inversor VVVF para generar una fuerza de frenado por recuperación que concuerde con el patrón de frenado comandado, y dan salida a la fuerza de frenado generado a la unidad de control del freno como señal de realimentación.

La Fig. 2.8-2 muestra el camino de señales cuando se utiliza el freno por recuperación.

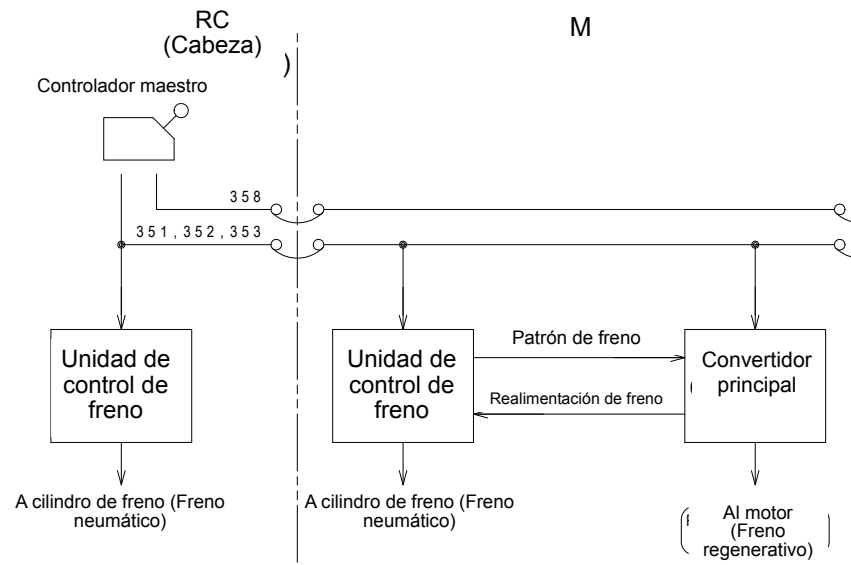


Fig. 2.8-2 Organigrama de la señal de frenado

El convertidor principal genera un par de frenado por recuperación tan grande como pueda salir bajo el patrón de frenado comandado, y el par motor generado sale a la unidad de control de freno como señal de realimentación. La unidad de control de frenos compara la entrada de fuerza de frenado regenerativo procedente del convertidor principal con la fuerza de frenado requerida que es introducida desde el controlador maestro, y la falta se suplementa mediante el freno neumático.

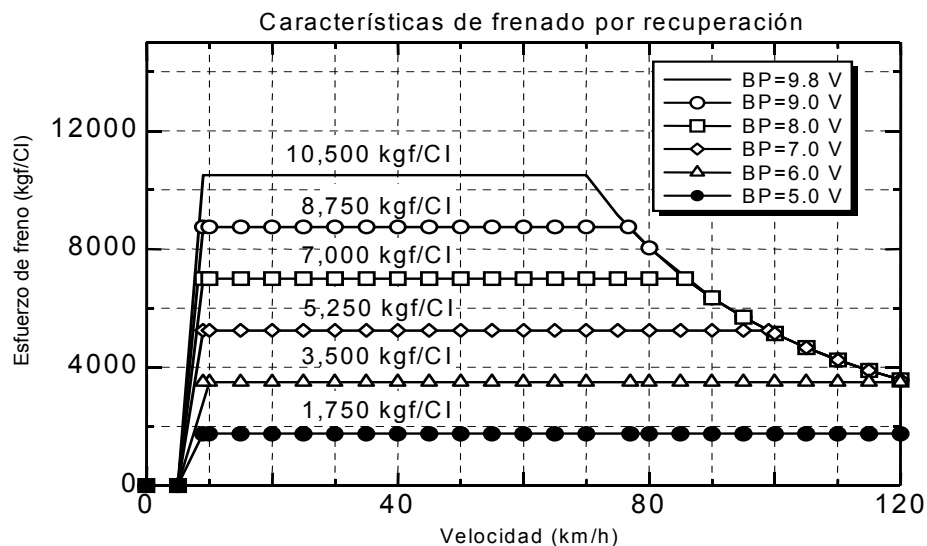


Fig. 2.8-3 Características de frenado

La Fig. 2.8-3 muestra las características de frenado por recuperación de la señal de patrón de frenado introducida desde la unidad de control de freno.

En la gráfica se presentan los distintos comportamientos par-velocidad para los posibles comandos de frenado. Nótese que para los esfuerzos mayores (5.250 kgf-10.500kgf) el par de freno aumenta paulatinamente hasta obtener un par máximo de frenado que se mantiene constante hasta que el material rodante adquiere la velocidad mínima en la que se puede mantener el frenado por recuperación (5 Km/h).

Para esfuerzos de frenado menores (1.750kgf-10.500kgf) el par de freno se mantiene constante desde que se aplica hasta que el material rodante adquiere la velocidad mínima de frenado por recuperación (regenerativo).

Siguiendo con las características de funcionamiento del frenado del material rodante, se presenta la siguiente figura.



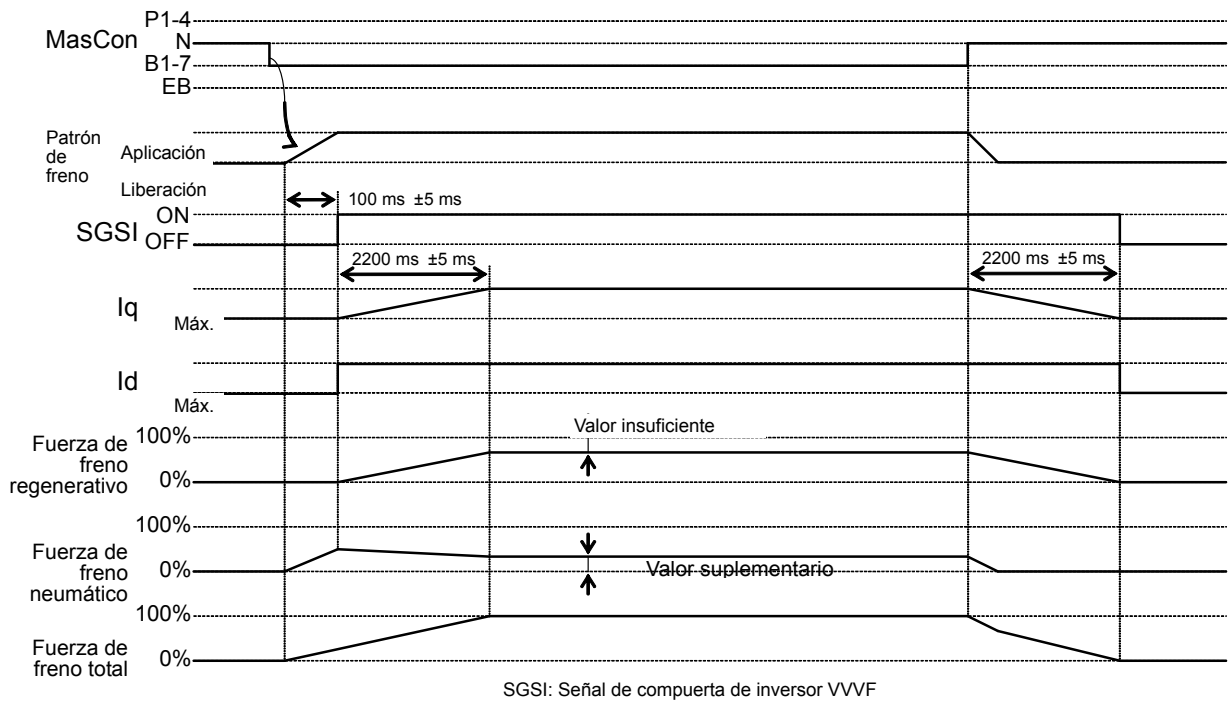


Fig. 2.8-4 Mezcla de frenado por recuperación y freno neumático

En la Fig. 2.8-4 se muestran algunos tópicos importantes del frenado del material rodante. Por ejemplo nótese que cuando se da la orden de freno, la misma se aplica de forma gradual hasta alcanzar su valor óptimo, esto evita sacudidas molestas en los usuarios. Esto se refleja en el aumento gradual de la corriente de armadura ( $I_q$ ) cuando se da la señal de freno.

Obsérvese también, que cuando por alguna razón, el controlador de freno detecta que la fuerza de frenado regenerativo es insuficiente; la misma se complementa con el freno neumático.

## **b) Control de desvanecimiento de frenado por recuperación**

Cuando el tren desacelere a aproximadamente 13 km/h o menos durante el frenado por recuperación, la señal de aviso previo de fin de frenado por recuperación se enviará desde el convertidor principal a la unidad de operación de frenos. 0.5 segundos después de la salida de la señal de aviso previo de fin de frenado por recuperación, el convertidor principal empezará a reducir gradualmente la fuerza de frenado por recuperación. Y cuando el patrón de frenado máximo se introduzca y el tren desacelere a aproximadamente 5 Km/h, la fuerza de frenado por recuperación disminuirá a cero.

## CAPÍTULO III

### DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ASOCIADA A LA SUB-ESTACIÓN CHN.

Una vez hecho el esfuerzo de esbozar los aspectos teóricos más importantes que explican el funcionamiento del material rodante, es necesario estudiar y/o describir la red eléctrica de distribución que alimenta las diferentes cargas asociadas a la sub-estación (S/E) Charallave norte (CHN). Esto se realiza con el fin de tener una visión clara de las cargas asociadas a la S/E, que alimenta al material rodante que es la carga bajo principal estudio en el presente trabajo, e influyen en las mediciones realizadas de potencia y energía del sistema.

#### **3.1 Descripción del Sistema Eléctrico del tramo Caracas-Cúa**

La figura 3.1 (Plano oficial del Instituto de Ferrocarriles del Estado) representa el diagrama unifilar del sistema eléctrico asociado a la S/E CHN, en el cual se puede observar claramente los componentes más importantes de ella, las diferentes cargas y los sentidos de flujos de energía.

La alimentación principal proviene de dos líneas de 115 kV provenientes desde la S/E Cadafe Santa Teresa III y Cadafe Diego De Losada. Bajo un esquema de alimentación principal y respaldo respectivamente.

La Sub-Estación es del tipo **Barra Simple Seccionada con Interruptor**.

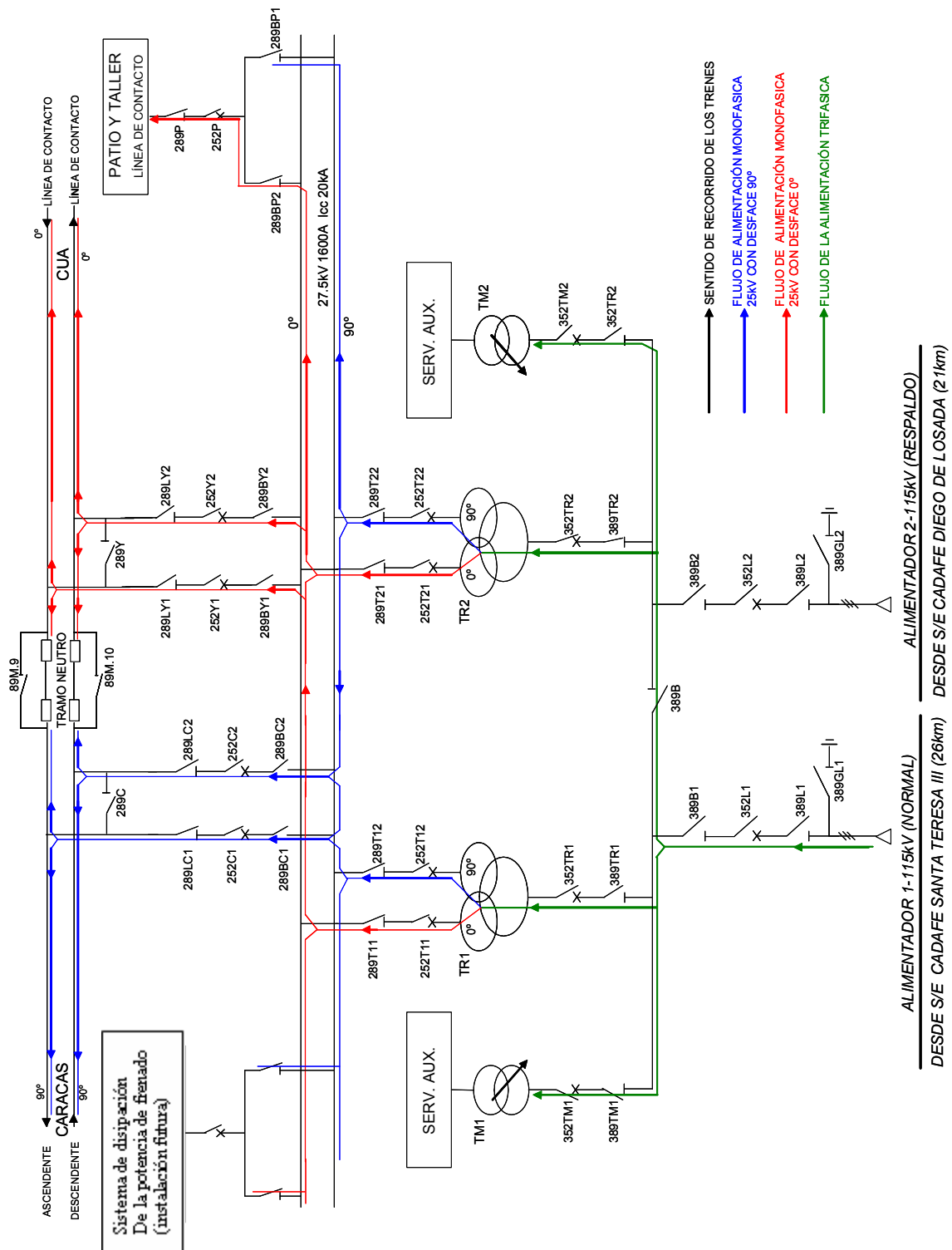


Figura 3.1 Diagrama unifilar del sistema eléctrico asociado a la S/E CHN

Aguas abajo de la barra de 115 kV se ubican los dos transformadores tipo **SCOTT** de 40 MVA c/u, conectados en paralelo. Con estos transformadores, que tienen una relación de voltajes de 115/27.5 kV, obtenemos un sistema bifásico a partir de uno trifásico, sin causar mayor desbalance a la barra principal de 115 kV. Las dos fases son 0° y 90°, que sirven para alimentar monofásicamente al material rodante.

También conectados a la misma barra de 115 kV se encuentran dos transformadores de 5MVA, TM1 y TM2, que surten de energía a los distintos bloques de servicios auxiliares. Estos transformadores tienen una relación de voltaje de 115/13.8 kV trifásicos.

El tren circula por dos vías, ascendente y descendente, en ambos sentidos. Esto es: sube a Caracas por la vía ascendente y baja de Caracas por la vía descendente.

En la Fig. 3.1 se puede observar un “bloque” muy importante llamado **tramo neutro o zona neutra**, que no es más que un aislador transitable que separa o aísla eléctricamente la barra de 0° de la barra de 90°. Cuando el material rodante transita por este punto se desconecta eléctricamente de la línea aérea de contacto, de forma de evitar un cortocircuito uniendo u poniendo en contacto las dos barras con fases diferentes. Además, esta zona trata de dividir las cargas de los transformadores Scott de manera que las dos barras estén equilibradas, para con ello crear el mínimo desbalance al sistema interconectado.

Es importante destacar, que de zona neutra a Caracas la barra de 90° es la que energiza a la línea alimentadora y de Zona Neutra a Cúa la barra de 0° es la suplidora. Las barras están separadas, por los aisladores transitables (piezas que mantienen la “continuidad mecánica” de dos conductores eléctricos) ubicados en Zona Neutra.

## **3.2 Cargas asociadas a la S/E CHN**

### **3.2.1 Cargas asociadas a la línea área de contacto (Catenaria)**

Estas cargas están conectadas de acuerdo a su ubicación por una de las fases de los transformadores Scott, que son alimentados por la barra principal de 115 kV proveniente de Santa Teresa III. Por tanto es obvio que estas cargas son monofásicas.

#### **a) Patios y Talleres**

Esta carga está representada (ver fig. 3.1) en el bloque “PATIO Y TALLER, línea de contacto”.

*Patios y Talleres* representa la carga de los trenes estacionados para mantenimiento, que se encuentran dentro del andén del edificio #5 y la vía de mantenimiento y estacionamiento adjunta a dicho andén. Más adelante se darán más detalles del comportamiento de esta carga.

#### **b) Puestos Tecnológicos (PTs)**

Esta carga también está representada en el bloque “PATIO Y TALLER, línea de contacto”.

Las funciones más importantes de esta carga son:

1. Suministrar energía a los diferentes equipos de telecomunicaciones.
2. Alimentar los diferentes bancos de baterías que respaldan las cargas asociadas a cada puesto tecnológico, con los diferentes equipos de UPS.
3. Controlar la iluminación de túneles y cambiadores de vías.

### c) **Material Rodante (Tren)**

Esta es la otra carga que es alimentada desde la línea aérea de contacto.

Es importante destacar que la misma se comporta como carga pasiva (absorbe energía) y activa (genera energía). Las características eléctricas de funcionamiento del material rodante se pueden encontrar en el CAPITULO II. Donde entre otras cosas, se puede verificar que esta carga posee un sistema de control que hace que la misma se comporte como una carga netamente resistiva, es decir una carga con factor de potencia igual a 1.

#### **3.2.2 Cargas asociadas a los transformadores de servicios auxiliares TM1 y TM2.**

En la figura 3.1 se puede observar claramente los dos transformadores TM1 y TM2 que alimentan los “bloques de carga” **SERV. AUX.**

Estas cargas de servicios auxiliares la componen los cuartos de distribución que suministran energía a los edificios: **#5** (recursos humanos, bienes, administración y finanzas y talleres), **#34**(Centro de Regulación de Tráfico) y la **Estación Charallave Norte**.

Las **secundarias uno y dos** también distribuyen energía proveniente de TM1 y TM2. Estas están ubicadas en el edificio 2 y 18 respectivamente. Estos a su vez alimentan todas las cargas aledañas a cada uno de ellos, como el edificio 11, así como a las redes de iluminación cercanas a los mismos.

### **3.2.3 Cargas asociadas a los transformadores de servicios auxiliares TRSA1 y TRSA2.**

Estos transformadores, no están representados de manera explícita en la fig.3.1, sin embargo, también están alimentados por los transformadores TM1 y TM2.

La carga de TRSA1 y TRSA2, la forma los servicios auxiliares del edificio de control se la Subestación principal de Charallave (unidad de electrificación), donde se encuentran el panel principal de mando y maniobras de la S/E .Donde además hay cargas como aires acondicionados, iluminación, telecomunicaciones, etc.



## CAPÍTULO IV

### COMPORTAMIENTO DE LAS CARGAS ASOCIADAS A LA S/E CHN

Para la consecución del objetivo principal de este trabajo, que es conseguir la energía que inyecta el material rodante a la línea aérea de contacto cuando actúa el freno regenerativo, es necesario conocer el comportamiento de algunas cargas. Por tanto en este capítulo se reportaran los datos y resultados obtenidos de las diferentes mediciones realizadas en campo a los cuartos de distribución que suministran energía a las cargas mencionadas.

#### **4.1 Cargas conectadas a la línea aérea de contacto**

##### **4.1.1 Puestos Tecnológicos**

Como se ha mencionado anteriormente estas son cargas monofásicas conectadas a la catenaria y están distribuidas a lo largo de la vía desde Caracas hasta Cúa.

Son cinco puestos tecnológicos: **PT1, PT2, PT3, PT4 y PT5**. A cada una de estos puestos se le hicieron visitas a distintas horas y días, y se tomaron mediciones de potencia, corriente, voltaje y factor de potencia en un analizador de red ubicado en el estabilizador de tensión, que está en la entrada de energía del puesto.

Los datos obtenidos de **PT1** se reflejan en la siguiente tabla,

Tabla 4.1 Variables censadas en PT1

<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>V(kV)</b>	<b>I(A)</b>	<b>S(kVA)</b>	<b>P(kW)</b>	<b>Q(KVAr)</b>	<b>FP</b>	<b>Observaciones</b>
26/02/2010	00:17	4,11	4,45	18,50	16,3	8,30	0,85	Aires averiados
05/02/2010	0:30	4,12	4,35	17,92	15,8	8,7	0,87	Aires averiados
05/02/2010	1:20	4,11	5,11	21,00	19,4	8,15	0,92	
12/02/2010	1:03	4,1	4,1	16,81	14,3	8,3	0,86	
18/02/2010	18:45	3,99	4,21	16,80	15,2	7,00	0,91	
<b>Pprom(kW)</b>	<b>16,2</b>							
<b>Error(Pprom)</b>	<b>0,5</b>							
<b>Notas</b>								
<b>Error P(kW)</b>	<b>0,1</b>							

La tabla anterior nos muestra varias variables censadas en PT1, sin embargo para los efectos del presente trabajo nos concentraremos en las potencias activas [P(kW)].

Se observa que en los diferentes días se reportaron diferentes valores de potencias, pero no muy dispersos, es decir, los valores se encontraron en una banda constante. Por tanto podemos asumir una potencia promedio de carga (Prom.) como se muestra al final de la tabla 4.1.

Para tener una visión más clara del comportamiento de la carga en estudio, se presenta la siguiente curva de comportamiento, donde se ilustra la potencia eléctrica de la misma.

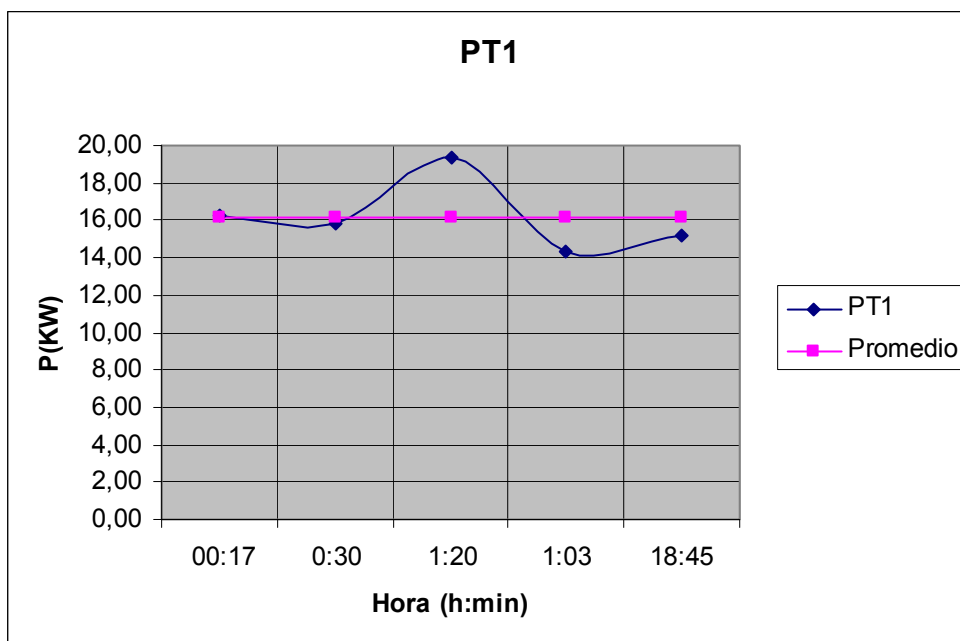


Fig. 4.1 Potencia activa del Puesto Tecnológico 1 (fuente: tabla 4.1)

La gráfica muestra el comportamiento de consumo “aproximadamente constante” del Puesto Tecnológico 1. Donde podemos observar que la potencia promedio de esta carga es aproximadamente 16 kW (16.2 kW), con una banda de variación de aproximadamente 5 kW.

Los datos obtenidos de **PT2** se reflejan en la siguiente tabla.

Tabla 4.2 Variables censadas en PT2

Día	Hora	V(kV)	I(A)	S(kVA)	P(kW)	Q(kVAr)	FP	Observaciones
26/02/2010	0:01	4,18	3,63	15,1	14,5	3,5	0,95	Aires Averiadados
23/03/2010	1:25	4,29	3,47	15,7	14,3	4,2	0,96	Aires Averiadados
04/02/2010	1:47	4,19	4,19	17,56	17,0	5,21	0,91	Aires Averiadados
04/02/2010	2:00	4,19	3,90	16,34	15,5	5,2	0,95	Aires Averiadados
12/02/2010	2:47	4,18	3,78	15,80	15,3	4,6	0,96	Aires Averiadados
18/02/2010	18:15	4,28	4,15	17,7	17,0	5,5	0,95	Aires Averiadados
<b>Pprom(kW)</b>		<b>15,6</b>						
<b>Error(P)</b>		<b>0,6</b>						
<b>Notas</b>								
<b>Error(kW)</b>		<b>0,1</b>						

La gráfica correspondiente, será:

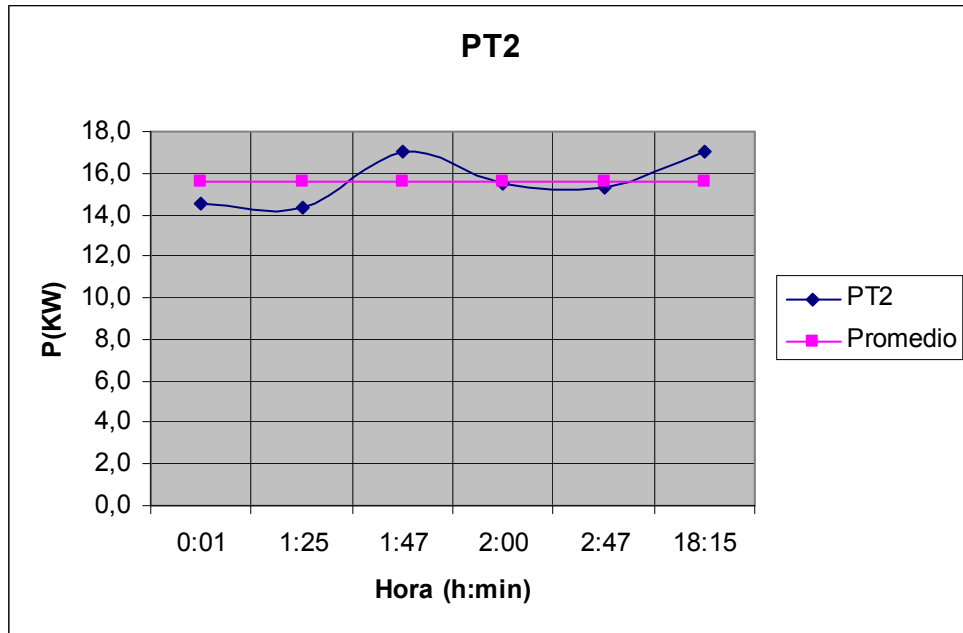


Fig. 4.2 Potencia activa del Puesto Tecnológico 2 (fuente: tabla 4.2)

Véase que el comportamiento de esta carga es similar a la anterior (PT1), pero varía en una banda de valores más estrecha (4kW). Esto implica que es un poco más constante y la misma posee potencia promedio de 15.6 kW que es un valor muy cercano al de PT1. Lo que implica que las dos cargas son muy parecidas en lo que se refiere al consumo energético.

Los datos obtenidos de **PT3** se reflejan en la siguiente tabla.

Tabla 4.3 Variables censadas en PT3

Día	Hora	V(kV)	I(A)	S(kVA)	P(kW)	Q(kVAr)	FP	Observaciones
23/03/2010	2:25	4,28	5,47	23,40	23,0	4	0,98	Aires Averiadados
04/02/2010	3:03	4,17	6,00	25,02	24,5	5,2	0,98	Aires Averiadados
12/02/2010	3:07	4,18	4,97	20,77	19,3	7,5	0,93	Aires Averiadados
25/02/2010	23:45	4,15	5,90	24,50	24,0	3	0,98	Aires Averiadados
<b>Pprom(kW)</b>		<b>22,7</b>						
<b>Error(Prom)</b>		<b>0,4</b>						
<b>Error P(kW)</b>		<b>0,1</b>						

Antes de ilustrar los valores de esta tabla en una gráfica, consideramos importante mencionar que el consumo de PT3 es relativamente mayor al de PT1 y PT2, esto por su puesto implica que la carga de este es más grande.

Nótese que la potencia promedio de PT3 **22,7 kW** es aproximadamente **40% mayor** que PT1 y PT2 que son los otros dos puestos que están en el tramo Zona Neutra-Caracas. Lo anterior corrobora lo que se conocía, antes de realizar el estudio, que efectivamente la carga de PT3 es mayor, con una banda de variación de 5kW, cosa que puede parecer innecesario comentar, sin embargo es importante recalcar que con los datos aportados de estas mediciones ahora se tienen valores precisos prestos a la utilización de estudios futuros que requieran dicha precisión.

La gráfica correspondiente, será:

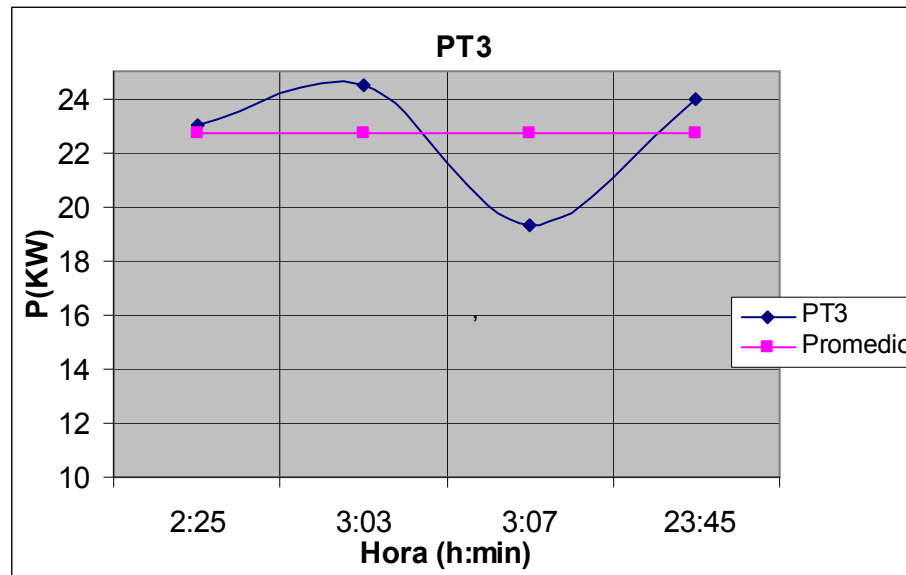


Fig. 4.3 Potencia activa del Puesto Tecnológico 3 (fuente: tabla 4.3)

Véase que la banda de variación en esta carga también es relativamente pequeña (5kW).

Los datos obtenidos de **PT4** se reflejan en la siguiente tabla,

Tabla 4.4 Variables censadas en PT4

<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>V(kV)</b>	<b>I(A)</b>	<b>S(kVA)</b>	<b>P(kW)</b>	<b>Q(kVAr)</b>	<b>FP</b>	<b>Observaciones</b>
09/04/2010	0:30	4,09	3,79	15,5	15,0	3,9	0,96	
08/03/2010	2:15	4,19	3,85	16,1	15,4	4,5	0,95	
02/03/2010	10:50	4,05	4,77	19,4	18,3	6,1	0,94	
04/03/2010	13:30	4,13	5,29	22,0	20,3	8,6	0,82	
25/02/2010	15:55	4,05	5,13	20,8	19,7	6,7	0,94	
18/02/2010	19:50	4,12	3,82	15,7	15,3	3,3	0,97	

**Notas**

<b>Pprom(kW)</b>	<b>17,3</b>
<b>Error(Pprom)</b>	<b>0,6</b>
<b>Error P(kW)</b>	<b>0,1</b>

La gráfica correspondiente, será:

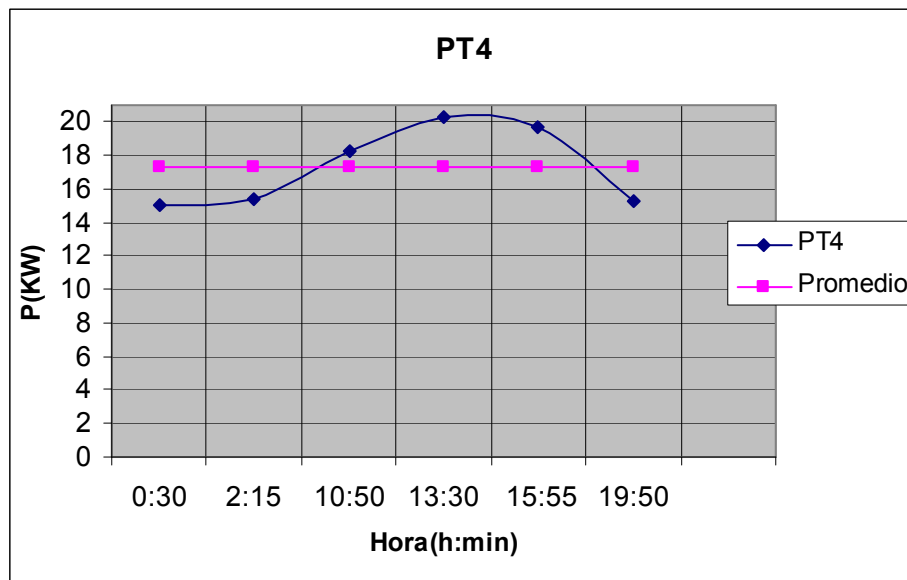


Fig. 4.4 Potencia activa del Puesto Tecnológico 4 (fuente: tabla 4.4)

Los datos obtenidos de **PT5** se reflejan en la siguiente tabla.

Tabla 4.5 Variables censadas en PT5

Día	Hora	V(kV)	I(A)	S(kVA)	P(KW)	Q(kVAr)	FP	Observaciones
09/03/2010	1:45	4,09	2,56	10,1	8,6	6,3	0,83	Nota
02/03/2010	10:20	4,2	2,76	11,2	9,5	6,26	0,8	Tren en arranque
04/03/2010	13:00	4,18	2,85	11,7	10,2	7,15	0,82	
25/02/2010	15:40	4,11	3,8	15,4	12,9	9	0,84	Aires NO, Luces NO
18/02/2010	19:33	4,11	2,63	10,5	8,7	6,5	0,8	

<b>Pprom(kW)</b>	<b>10</b>
<b>Error P(kW)</b>	<b>0,5</b>

Notas

<b>Error P(kW)</b>	<b>0,1</b>
--------------------	------------

La gráfica correspondiente, será:

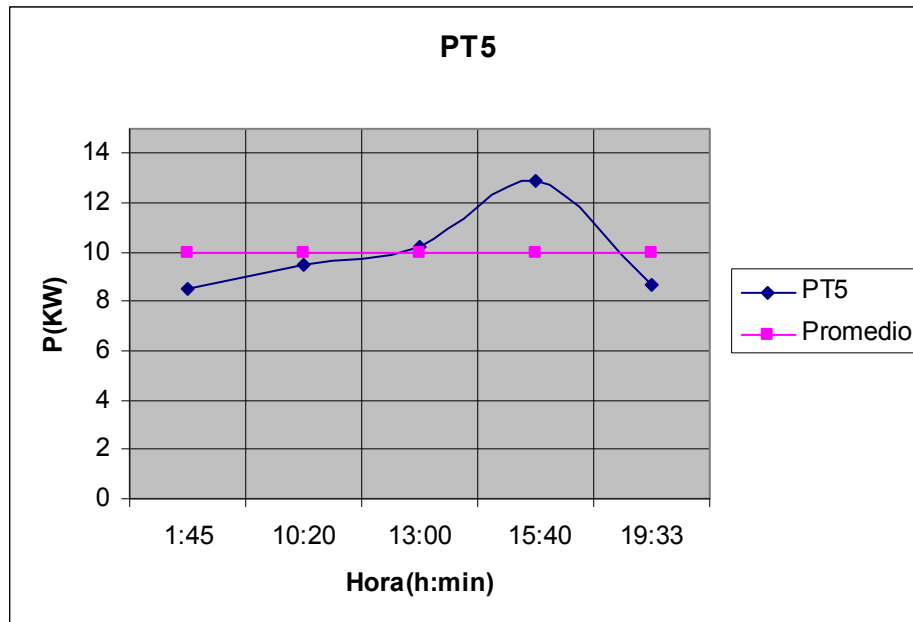


Fig. 4.5 Potencia activa del Puesto Tecnológico 5

En la Fig. 4.4 podemos observar que PT4 tiene un consumo similar al de PT1 y PT2. Mientras que **PT5** es el puesto tecnológico que tiene menor consumo promedio ( $\approx 10\text{kW}$ ), con una banda de variación de aproximadamente  $5\text{kW}$ .

En la siguiente tabla mostramos un resumen de los valores de potencia de los PTs.

Tabla 4.6 Resumen de valores de potencia PTs

	<b>Pprom(kW)</b>	<b><math>\Delta</math>Pprom(kW)</b>	<b>Banda de Variación(kW)</b>
PT1	16,2	0,5	14-19
PT2	15,6	0,6	14-17
PT3	22,7	0,4	19-25
PT4	17,3	0,6	15-20
PT5	10	0,5	8-13
<b>Total(KW)</b>	<b>81,8</b>	<b>2,6</b>	<b>5</b>

$\Delta$ Pprom (kW): Error de la potencia promedio.

Por tanto si sumamos el consumo de todos los puestos tecnológicos encontramos que la potencia promedio de los cinco puestos es: **81.8 $\pm$ 2.6 kW**, con un margen de banda de variación promedio de **5kW**. Esta potencia se puede considerar relativamente constante, ya que además de corroborarlo en las distintas mediciones realizadas, se tiene ya el conocimiento previo que dichas cargas no varían en gran magnitud por razones operacionales.

#### 4.1.2 Patios y Talleres

Como ya mencionamos en el capítulo III, esta carga la conforman los diferentes trenes estacionados para su respectivo mantenimiento y por ende son cargas monofásicas, directamente conectadas a la barra de  $0^\circ$  de los transformadores Scott.



Los valores de potencia de esta carga fueron censados directamente en el panel principal de mando y maniobras ubicado en la unidad de electrificación, encontrando los valores mostrados en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Variables censadas en Patios y Talleres

<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>V(kV)</b>	<b>I(A)</b>	<b>S(kVA)</b>	<b>P(kW)</b>	<b>ΔP(kW)</b>	<b>FP</b>	<b>Observaciones</b>
25/03/2010	1:52	27,5	44	1210	1210	31,9	1	
25/03/2010	2:07	27	17	459	459	28,7	1	
01/03/2010	4:05	27	25	675	675	29,5	1	Trenes Estacionados para mantenimiento
01/03/2010	4:12	27	36	972	972	30,6	1	
19/03/2010	4:15	27	20	540	540	29	1	
19/03/2010	4:18	27	25	675	675	29	1	
19/03/2010	4:30	27	23	621	621	29,3	1	
01/03/2010	4:25	27	15	405	405	28,5	1	
01/03/2010	4:50	27	27	729	729	27	1	
26/02/2010	5:25	27	23	621	621	29,3	1	
07/03/2010	23:35	27	32	864	864	30,2	1	

<b>Pprom (kW)</b>	<b>706,5</b>	<b>ΔV(kV)</b>	<b>ΔI(A)</b>	$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial V} * \Delta V + \frac{\partial P}{\partial I} * \Delta I = I * \Delta V + V * \Delta I$
<b>Error P(kW)</b>	<b>326,2</b>	0,1	1	

Es importante aclarar, que las variables censadas fueron solo tensión y corriente. Sin embargo puede observarse en la tabla, valores de potencia activa y factor de potencia. Esto se colocó debido a que se conoce el comportamiento de la carga, en la que la tensión y la corriente están en fase, ya que a pesar de tener componentes reactivos, como las máquinas de tracción; el sistema de control del convertidor PWM hacen que aguas abajo del pantógrafo, la línea “vea a la carga” como resistiva.

La gráfica correspondiente, será:

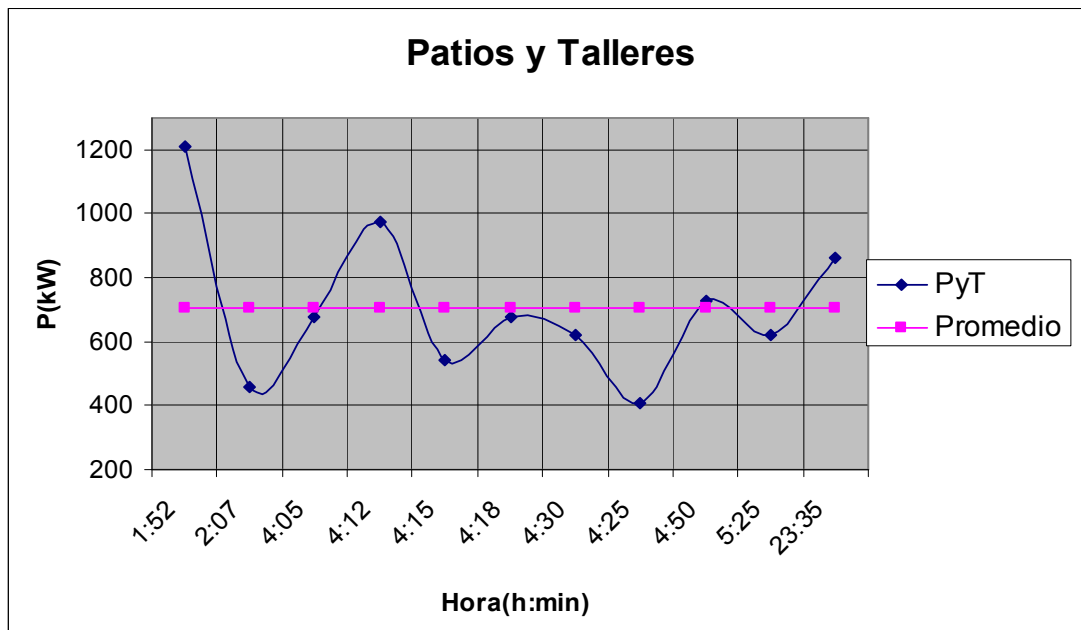


Fig. 4.6 Potencia activa de Pacios y Talleres

Es de suma importancia abordar el comportamiento de esta carga, ya que como podemos observar en la fig.4.6, está tiene un comportamiento muy dinámico, es decir, sus valores varían en una banda muy ancha (400 kW- 1200 kW). Este tipo de variaciones, que se explicará con mayor detalle en el siguiente capítulo, es recomendable eliminarlo para la obtención de potencia inyectada a la línea aérea de contacto, debido a que el procedimiento de cálculo obliga a que los valores de carga sean relativamente constantes.

## 4.2 Cargas conectadas aguas abajo de TM1 y TM2

Como dijimos anteriormente, en la figura 3.1 se puede observar claramente los dos transformadores TM1 y TM2 que alimentan los “bloques de carga” **SERV. AUX.** A los cuáles se les tomaron diversas mediciones de los diversos sub-bloques que lo conforman y que reportaremos a continuación.

#### 4.2.1 Edificio 34

En la tabla 4.8a y 4.8b se encuentran los datos arrojados de las mediciones realizadas al edificio 34, donde se encuentra el CRT. Donde se destacan distintas variables o símbolos que explicaremos con la ayuda de la Fig. 4.7.

En la Fig. 4.7 podemos observar que las cargas del **edificio 34** se surten a través de dos barras **BT1** y **BT2**, y que estas se conectan entre si con **BT3** que es una barra de transferencia, la cual se **encontraba abierta** durante las diferentes mediciones.

Tabla 4.8a Variables censadas en el edificio 34

Dia	Hora	BT1							BT2							Observaciones			
		VL (V)	Vf (V)	VLProm (V)	IL (A)	ILProm (A)	ST1 (kVA)	Ss (kVA)	ΔS1f (kVA)	VL (V)	Vf (V)	Vprom (V)	IL (A)	Iprom (A)	ST2 (kVA)		Ss (kVA)	ΔS1f (kVA)	ST (KVA)
		490	280		49		31,0	13,7	0,8	480	280		145		124,9	40,6	1,7	155,9	
21-2-10	11:37	480	280	483,3	38	37,0	ΔS3f	10,6	0,7	480	280	476,7	146	151,3	ΔS3f	40,9	1,7	ΔST	
		480	280		24		1,5	6,7	0,5	470	280		163		3,4	45,6	1,9	4,9	
							31,1	2,0							127,1	5,4			
		480	280	V12-V23-V31	36	IL1-IL2-IL3	33,8	10,1	0,6	470	280	V12-V23-	103	IL1-IL2-	88,9	28,8	1,3	122,7	
30-12-09	14:39	480	280	483,3	37	40,3	ΔS3f	10,4	0,7	480	280	476,7	102	107,7	ΔS3f	28,6	1,3	ΔST	
		490	280		48		1,5	13,4	0,8	480	280		118		2,7	33,0	1,5	4,2	
							33,9	2,1							90,4	4,1			
		490	290		49		29,9	14,2	0,8	480	270		99		86,7	26,7	1,3	116,5	
14-3-10	20:50	480	280	483,3	33	35,7	ΔS3f	9,2	0,6	480	270	476,7	99	105,0	ΔS3f	26,7	1,3	ΔST	Domingo
		480	280		25		1,5	7,0	0,5	470	270		117		2,6	31,6	1,4	4,1	
							30,5	1,9							85,1	4,0			
		470	270		102		90,2	27,5	1,3	480	290		42		26,3	12,2	0,7	116,5	
24-3-10	21:12	480	280	473,3	106	110,0	ΔS3f	29,7	1,3	480	290	480,0	31	31,7	ΔS3f	9,0	0,6	ΔST	
		470	280		122		2,7	34,2	1,5	480	280		22		1,4	6,2	0,5	4,1	
							91,4	4,1							27,3	1,8			
		470	280		47		30,0	13,2	0,8	470	280		116		100,1	32,5	1,4	130,1	
4-3-10	21:40	480	280	476,7	37	36,3	ΔS3f	10,4	0,7	470	280	470,0	115	123,0	ΔS3f	32,2	1,4	ΔST	
		480	280		25		1,5	7,0	0,5	470	280		138		2,9	38,6	1,7	4,4	
							30,5	1,9							103,3	4,5			

Tabla 4.8b Variables censadas en el edificio 34

Notas	
Error VL(V)	10 S: Error de Potencia Aparante $\Delta S_{lf}$ : Error de Potencia Aparante lf
Error IL(A)	1 $\Delta S := \sqrt{3} \cdot IL \Delta VL + \sqrt{3} \cdot VL \Delta IL$
	$\Delta lf = lf \Delta Vf + Vf \Delta lf$
	<b>STprom(KVA)</b>
	128,4
	[+/-] 21,8
STI	Potencia aparente total de BT1 = $\sqrt{3} \cdot V_{lprom} \cdot I_{prom}$
Ss	Potencia aparente total de BT1 = $\sum$ potencias monofásicas

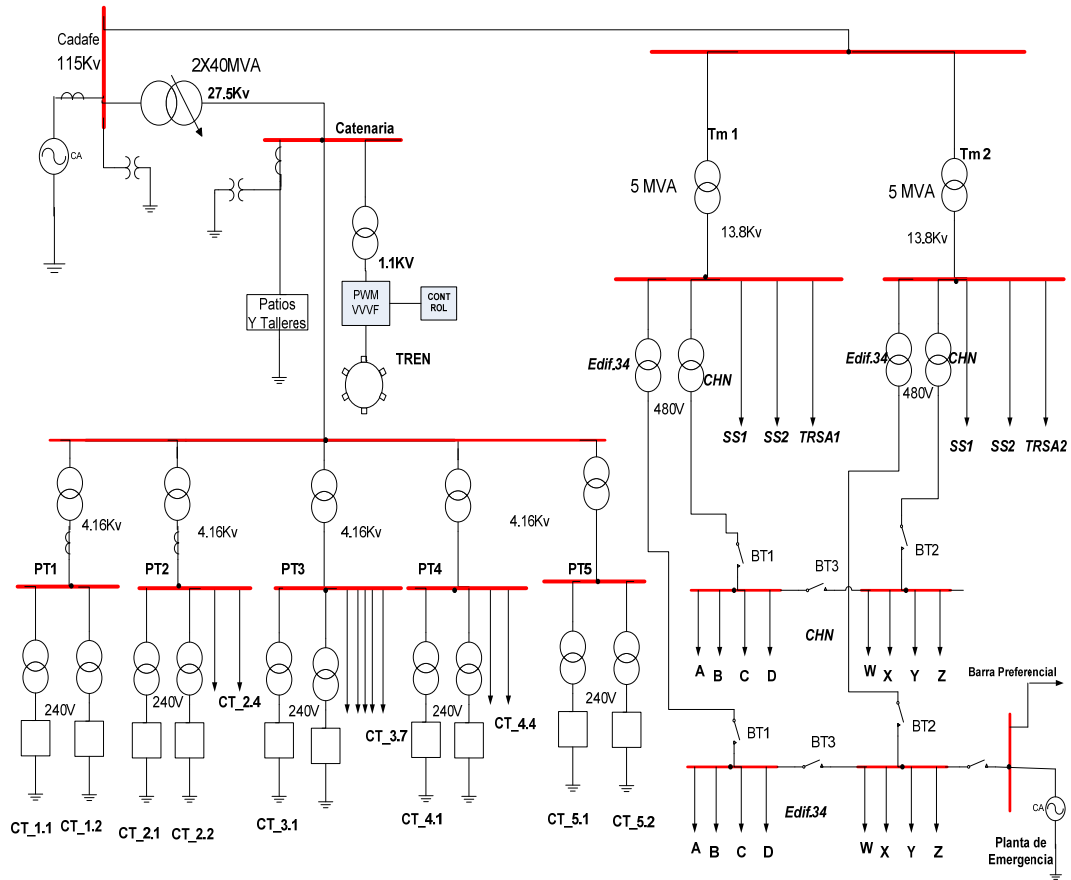


Fig. 4.7 Diagrama unifilar de cargas asociadas a S/E CHN

Durante cada una de las visitas al cuarto de distribución de esta carga, se tomaron mediciones de tensiones de línea (VL) y de fase (Vf), así como de las corrientes de línea en cada una de las fases de las dos barras.

Es importante destacar que solo se tenía acceso a los valores de tensión y de corriente de las barras y no se tenía o no se pudo obtener ninguna información acerca del factor de potencia, que es una variable imprescindible para el hallazgo de la potencia activa de la carga. Este inconveniente se abordará con mayor énfasis en el siguiente capítulo.

La potencia (aparente) total consumida por BT1 y BT2 se halló de dos formas; primero se supuso que los factores de potencia de cada una de las cargas de las dos barras, y en cada una de sus líneas, eran muy próximos y los consideramos iguales, por lo que con las corrientes y tensiones **promedios** de línea se halló la potencia trifásica de barra (**ST1 y ST2**). También se hallaron dichas potencias sumando las potencias monofásicas de cada una de las líneas (**Ss**).

Luego de realizar los dos procedimientos, nos encontramos con valores muy próximos entre sí, lo que de alguna manera valida el procedimiento anterior (ver tabla 4.8a).

A continuación se sumaron las potencias trifásicas de las dos barras obteniéndose la potencia aparente total (**ST**) del **Edif.34**. Para posteriormente promediar cada una de las potencias de cada una de las mediciones, para obtener la potencia aparente promedio de la carga (**STprom**) que se muestra en la tabla 4.8b.

La gráfica que resume el comportamiento de las tablas 4.8 a) y b), se muestra a continuación.

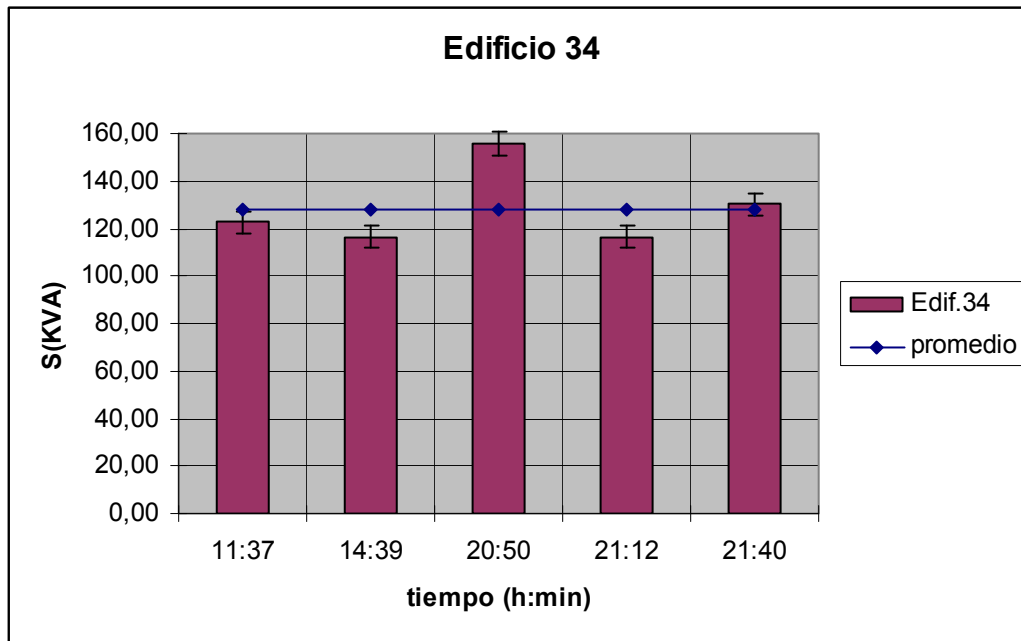


Fig. 4.8 Comportamiento de las cargas Edif.34

La Figura 4.8 muestra como varía el consumo de potencia en el edificio 34, donde se observan algunas variaciones en diferentes horarios de medición.

#### 4.2.2 Estación CHN

En la Tabla 4.9 observamos los datos arrojados de las mediciones realizadas al a la estación CHN.

Es importante aclarar que el procedimiento usado para el análisis de estos datos, fue similar al usado para el edificio34, ya que la topología de las cargas es la misma.

Tabla 4.9 Variables censadas en estación CHN

Día	Hora	BT1							BT2							Observaciones		
		VL (V)	Vf (V)	Vprom (V)	IL (A)	Iprom (A)	ST1 (KVA)	Ss (KVA)	ΔS1f (kVA)	VL (V)	Vf (V)	Vprom (V)	IL (A)	Iprom (A)	ST2 (KVA)		Ss (KVA)	ΔS1f (KVA)
		490	280		166		121,9	46,5	1,9	470	280		59		42,9	16,5	0,9	164,8
21-2-10	12:00	480	280	483,3	137	145,7	ΔS3f	38,4	1,7	470	280	470,0	49	52,7	ΔS3f	13,7	0,8	ΔST
		480	280		134		3,4	37,5	1,6	470	280		50		1,7	14,0	0,8	5,1
								122,4	5,2							44,2	2,4	
		480	280	V12-V23-V31	127	IL1-L2-IL3	96,7	35,6	1,6	470	280	V12-V23-V31	60	IL1-L2-IL3	40,2	16,8	0,9	136,9
30-12-09	15:22	480	280	480,0	112	116,3	ΔS3f	31,4	1,4	470	280	470,0	39	49,3	ΔS3f	10,9	0,7	ΔST
		480	280		110		2,8	30,8	1,4	470	280		49		1,7	13,7	0,8	4,5
								97,7	4,3							41,4	2,3	
		490	280		146		112,6	40,9	1,7	480	280		41		31,6	11,5	0,7	144,2
7-1-10	17:04	490	280	490,0	132	132,7	ΔS3f	37,0	1,6	480	280	480,0	35	38,0	ΔS3f	9,8	0,6	ΔST
		490	280		120		3,1	33,6	1,5	480	280		38		1,5	10,6	0,7	4,6
								111,4	4,8							31,9	2,0	
		480	280		173		129,1	48,4	2,0	470	280		104		76,3	29,1	1,3	205,4
4-3-10	20:30	480	280	480,0	159	155,3	ΔS3f	44,5	1,9	470	280	470,0	70	93,7	ΔS3f	19,6	1,0	ΔST
		480	280		134		3,5	37,5	1,6	470	280		107		2,4	30,0	1,4	6,0
								130,5	5,5							78,7	3,7	
		490	290		170		131,7	49,3	2,0	470	260		115		83,6	29,9	1,4	215,3
14-3-10	21:02	480	280	483,3	155	157,3	ΔS3f	43,4	1,8	470	260	470,0	78	102,7	ΔS3f	20,3	1,0	ΔST
		480	280		147		3,6	41,2	1,8	470	260		115		2,6	29,9	1,4	6,2
								133,9	5,6							80,1	3,9	
		480	290		139		99,6	40,3	1,7	460	260		130		93,2	33,8	1,6	192,8
24-3-10	21:25	470	290	476,7	111	120,7	ΔS3f	32,2	1,4	460	260	460,0	94	117,0	ΔS3f	24,4	1,2	ΔST
		480	290		112		2,9	32,5	1,4	460	260		127		2,8	33,0	1,5	5,7
								105,0	4,5							91,3	4,3	
<b>ΔS: Error de Potencia Aparante</b>							<b>ΔS1f: Error de Potencia Aparante 1f</b>							<b>STprom(KVA)</b>				
														176,6				
$\Delta S := \sqrt{3} \cdot IL \cdot \Delta VL + \sqrt{3} \cdot VL \cdot \Delta IL$							$\Delta 1f = If \cdot \Delta Vf + Vf \cdot \Delta If$							<b>Promedio Nocturno</b>				
														204,5				
														[+/-] 17,9				

La grafica que resume el comportamiento de la tabla 4.9, se muestra a continuación;

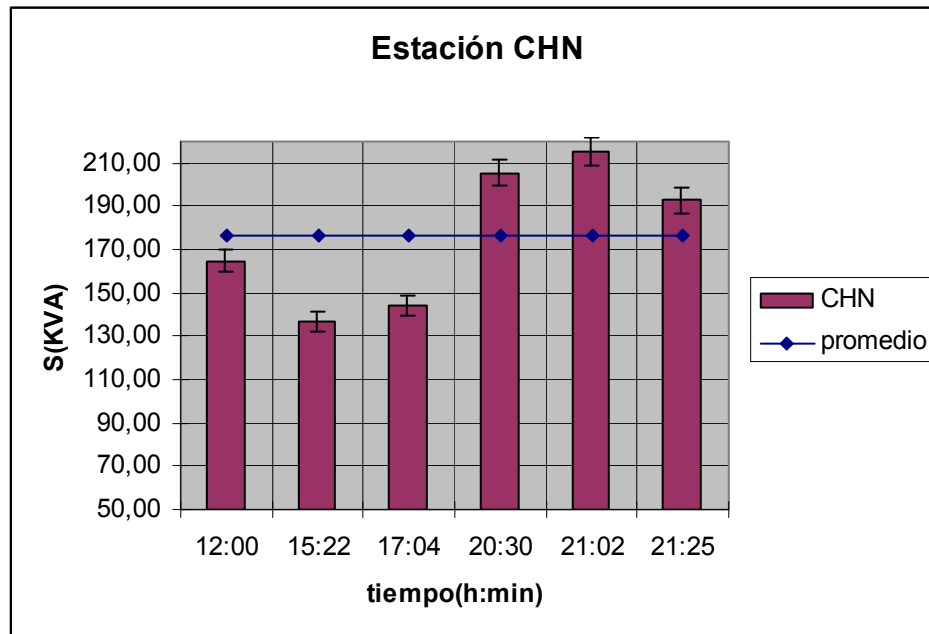


Fig. 4.9 Comportamiento de las cargas Estación CHN

La gráfica anterior muestra el comportamiento de las cargas de la estación CHN a diferentes horas del día. Es importante resaltar que se consideró importante hallar dos potencias promedios: **STprom**, que resume todas las mediciones-diurnas y nocturnas- y la del **promedio nocturno** (ver tabla 4.9b), donde se observa claramente un magnitud mayor de carga debido a el alumbrado de las área internas como externas de la estación que forman los distintos andenes. Ya que una informa el comportamiento para las diferentes horas de día, que es el que se muestra en la fig.4.9(promedio) y el otro muestra como se comporta la carga en horas de la noche, que es el horario donde fue realizada la prueba al material rodante.

#### 4.2.3 Secundaria 1(Edificio 2)



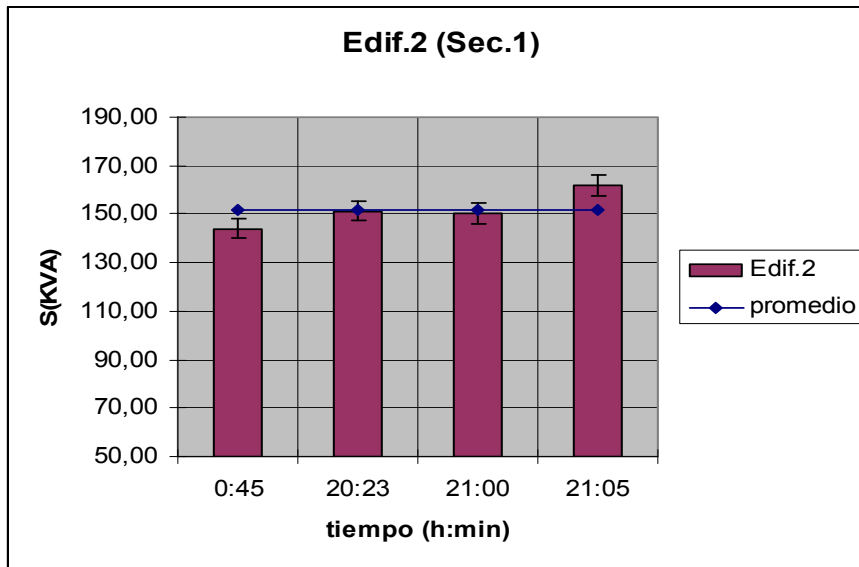
Tabla 4.10 Variables censadas en Secundaria 1

Día	Hora	BT2								Observaciones	
		VL (V)	Vf (V)	Vprom (V)	IL (A)	Iprom (A)	ST (kVA)	Ss (kVA)	ΔS1f (kVA)		
		470	280	V12- V23- V31	181	IL1- IL2- IL3	143,9	50,7	2,09	Ver comentario	
19-3-10	0:45	460	280	463,3	181	179,3	ΔS3f	50,7	2,09	Transferencia a BT3	
		460	280		176		3,9	49,7	2,04	BT1 Abierto	
								150,6	6,2		
		470	280	V12-V23- V31	183	IL1-IL2- IL3	151,3	51,2	2,1		
14-3-10	20:23	480	280	476,7	174	183,3	ΔS3f	48,2	2,2		
		480	280		193		4,0	54,4	2,2		
								154,0	6,3		
		470	280	V12-V23- V31	182	IL1-IL2- IL3	150,3	51,0	2,1		
24-3-10	21:00	460	280	466,6	180	186,0	ΔS3f	50,0	2,1		
		470	280		196		4,0	54,9	2,2		
								156,2	6,4		
		470	280	V12-V23- V31	203	IL1-IL2- IL3	161,7	56,8	2,3		
24-3-10	21:05	460	280	466,7	191	200,0	ΔS3f	53,5	2,2	Se encendió el	
		470	280		206		4,3	57,68	2,34	extractor	
								168,0	6,8		
Notas											
Error VL(V)	10	ΔS3f: Error de Potencia Aparante 3f					$\Delta 3f = \sqrt{3} IL \Delta VL + \sqrt{3} VL \Delta IL$			STprom(KVA)	
Error IL(A)	1	ΔS1f: Error de Potencia Aparante 1f					$\Delta 1f = If \Delta Vf + Vf \Delta If$			151,8	
										+/- 16,2	

Es importante aclarar que la topología de esta carga es exactamente igual a la del edif. 34 y la estación CHN, es decir, posee dos barras principales BT1 y BT2 y una barra de transferencia BT3.

Sin embargo si se observa la tabla 4.10 podemos apreciar que solo se reportan datos de BT2. Esto se debe a que la barra de transferencia BT3 estaba activada, con BT1 fuera de servicio y por ende BT2 asumía toda la carga de la secundaria 1(SS1). Por lo tanto para hallar las potencias, con el mismo procedimiento que para Edif.34 y CHN, solo se registraron los valores concernientes a BT2

La gráfica que resume el comportamiento de la tabla 4.10 se muestra a continuación;



La figura anterior muestra un comportamiento más o menos constante, con una potencia promedio de aproximadamente 152 kVA.

#### 4.2.4 Secundaria 2(Edificio 18)

Para la secundaria 2, ubicada en el edificio 18, realizamos el mismo análisis que para secundaria 1, solo con la diferencia que en esta; BT2 estaba abierta y BT1 asumía toda la carga a través de la barra de de transferencia BT3.

Tabla 4.11 Variables censadas en Secundaria 2

Día	Hora	BT1								Observaciones
		VL (V)	Vf (V)	VLprom (V)	IL (A)	Iprom (A)	ST (kVA)	Ss (kVA)	ΔS1f (kVA)	
		460	260	V12 V23 V31	83	IL1 IL2 IL3	58,8	21,6	1,1	Transferencia a BT3
19-3-10	0:30	450	260	456,7	78	74,3	ΔS3f	20,3	1,0	BT2 Abierto
		460	260		62		2,1	16,1	0,9	
								58,0	3,0	
		470	270	V12 V23 V31	99	IL1 IL2 IL3	79,2	26,7	1,3	
30-12-09	15:43	470	270	470,0	91	97,3	ΔS3f	24,6	1,2	
		470	270		102		2,5	27,5	1,3	
								78,8	3,7	
		470	270		95		73,8	25,7	1,2	
7-1-10	16:35	470	270	470,0	84	90,7	ΔS3f	22,7	1,1	
		470	270		93		2,4	25,1	1,2	
								73,4	3,5	
		450	270		128		94,9	34,6	1,6	
4-3-10	21:10	460	270	456,7	123	120,0	ΔS3f	33,2	1,5	
		460	270		109		2,9	29,4	1,4	
								97,2	4,4	
		470	270		81		60,7	21,9	1,1	
24-3-10	21:35	460	270	463,3	86	75,7	ΔS3f	23,2	1,1	
		460	270		60		2,1	16,2	0,9	
								61,3	3,1	

$$\Delta 1f = I_f \cdot \Delta V_f + V_f \cdot \Delta I_f$$

$$\Delta 3f = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot \Delta V_L + \sqrt{3} \cdot V_L \cdot \Delta I_L$$

**Notas**

Error VL(V)	10
Error IL(A)	1

ΔS3f: Error de Potencia Aparente 3f

ΔS1f: Error de Potencia Aparente 1f

	STprom(KVA)
	73,5
[+/-]	12,0

La gráfica que resume el comportamiento de la tabla 4.11, se muestra a continuación.

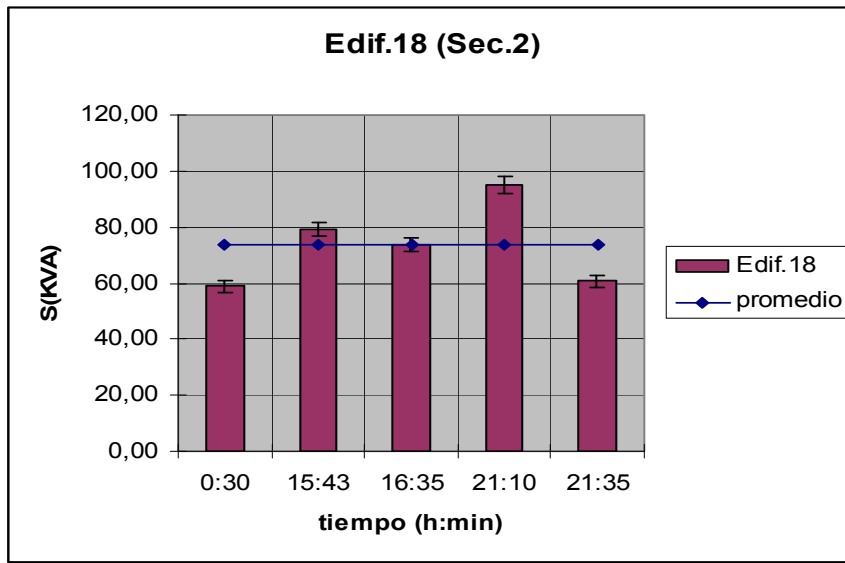


Fig. 4.11 Comportamiento de las cargas secundaria 2

Véase que esta carga tiene un comportamiento más dinámico en las diferentes horas del día.

#### 4.2.5 Transformador de Servicios Auxiliares (TRSA)

Estos son dos transformadores (TRSA1 y TRSA2) de 100kVA conectados aguas abajo de Tm1 y Tm2, que surten de energía a la unidad de electrificación. Los cuales se interconectan entre sí de manera que uno provea la referida energía, mientras el otro entra en funcionamiento si el primero sale de servicio.

Las mediciones fueron realizadas dentro de la unidad de electrificación donde se encuentra la caseta de distribución de la misma. Los datos registrados de las mediciones se muestran a continuación.

Tabla 4.12 Variables censadas en la unidad de Electrificación

Día	Hora	TRSA1								Observaciones
		VL (V)	Vf (V)	Vprom (V)	IL (A)	Iprom (A)	ST (kVA)	Ss (kVA)	ΔS1f (kVA)	
				V12 V23 V31	50	IL1 IL2 IL3	18,5	6,0	0,6	
23-3-10	3:35	200	120	196,7	60	54,3	ΔS3f	7,2	0,7	
		190	110		53		1,3	5,8	0,6	
							SsT	19,0	2,0	
		200	120		21,4		8,4	2,6	0,3	
1-3-10	9:45	200	120	200,0	30,4	24,1	ΔS3f	3,7	0,4	Aires apagados
		200	120		20,5		0,8	2,5	0,3	
							SsT	8,7	1,1	
		200	120		50		20,8	6,0	0,6	
25-2-10	13:00	200	120	200,0	70	60,0	ΔS3f	8,4	0,8	
		200	120		60		1,4	7,2	0,7	
								21,6	2,2	
		200	120		55		22,3	6,6	0,7	
25-2-10	21:10	200	120	200,0	72	64,3	ΔS3f	8,6	0,8	
		200	120		66		1,5	7,9	0,8	
							SsT	23,2	2,3	
ST	Potencia aparente total = $\sqrt{3} \cdot V_{\text{Iprom}} \cdot I_{\text{Iprom}}$								STprom(KVA)	
Ss	Potencia aparente total de BT1 = $\sum$ potencias monofásicas									
Notas				$\Delta 1f = I_f \cdot \Delta V_f + V_f \cdot \Delta I_f$		$\Delta 3f = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot \Delta V_L + \sqrt{3} \cdot V_L \cdot \Delta I_L$		20,5		
Error VL(V)	10							[+/-] 4,1		
Error IL(A)	1			ΔS3f: Error de Potencia Aparente 3f		ΔS1f: Error de Potencia Aparente 1f				

Es imprescindible que se aclare que para hallar la potencia promedio de la carga (STprom), mostrada en la tabla 4.12, no se tomó en cuenta el valor de la medición (8.35 kVA) tomada el día 1-3-10, debido a que en ese momento el sistema de aire acondicionado estaba fuera de servicio, y los mismos aportan gran porcentaje de potencia a la carga en estudio. Además el día de la prueba al material rodante, el sistema de aires estaba encendido.

Es importante resaltar que a diferencia de las otras cargas de servicios auxiliares, esta no tiene la configuración con las tres barras BT1, BT2 y BT3; sino que está configurada como lo explicamos al inicio de esta sección.

La gráfica que resume el comportamiento de la tabla 4.12, se muestra a continuación.

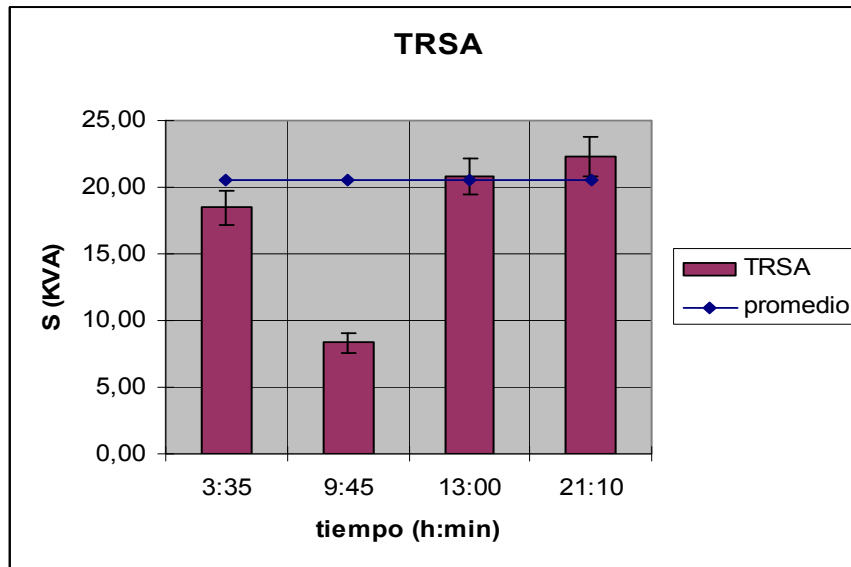


Fig. 4.12 Comportamiento de las cargas de la unidad de electrificación

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los valores de potencia de las cargas.

Tabla 4.13 Resumen de valores de potencia Serv. Aux.

	<b>Sprom (kVA)</b>	<b><math>\Delta</math>Sprom (kVA)</b>
<b>Edif. 34</b>	128,4	21,8
<b>Est. CHN</b>	176,6	17,9
<b>Sec. 1</b>	151,8	16,2
<b>Sec. 2</b>	73,5	12,0
<b>TRSA</b>	20,5	4,1
<b>Total (kVA)</b>	<b>550,8</b>	<b>71,9</b>

$\Delta$ Sprom : Error de potencia aparente promedio

Es importante comparar el valor promedio total de potencia ( $\approx 551$  kVA) con el valor promedio de la carga de Patios y Talleres ( $\approx 706$  kW).

Suponiendo que el factor de potencia del equivalente de todas las cargas de los cuartos de distribución sea uno ( $FP=1$ ), cosa que es poco probable debido a la presencia de numerosos motores de aires acondicionados, el consumo de Patios y Talleres es 40% mayor que la suma del consumo de todos los edificios juntos que son surtidos por los distintos cuartos de distribución. Esto es indicativo del gran consumo de esta carga, que solo tiene como fin el mantenimiento del material rodante.

También importante resaltar que la carga promedio total de los servicios auxiliares (Sec.1, Sec.2, estación CHN, TRSA y Edif.34) solo representa aproximadamente el 6% de la capacidad de abastecimiento de energía por los transformadores Tm1 y Tm2. Esto quiere decir que hay un alto margen de ampliación o aumento de cargas sin afectar el funcionamiento del sistema.

Luego de culminar el reporte de los datos conseguidos del estudio de las cargas conectadas aguas abajo de los transformadores Tm1 y Tm2, es fundamental que hagamos énfasis en recalcar que *estos valores no son muy útiles, en lo que a nuestro objetivo general se refiere, debido a que no se conocen valores de potencia activa*, pero que son parte de los objetivos específicos del presente trabajo y además pueden ser necesarios para futuros estudios de carga por la unidad de electrificación del IFE.

## CAPÍTULO V

### METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y RESULTADOS DE LA PRUEBA PRINCIPAL AL MATERIAL RODANTE

En este capítulo se presenta la metodología de cálculo que sustenta el procedimiento seguido para el procesamiento de los datos adquiridos o registrados durante la prueba realizada al material rodante.

*Si embargo antes es importante mencionar, que durante el transcurso de las observaciones en campo, se notó que los errores de medición en el vatímetro que censa la potencia total del sistema (PT), eran muy altos; debido a que los valores de potencia que registrarían siempre estarían por debajo de 10 MW, teniendo el referido vatímetro una escala de 99,9 MW.*

*Por lo tanto se tomó la iniciativa de colocar en el Material Rodante un medidor de Calidad de Servicio para certificar los resultados y tener valores con márgenes de error más pequeños, pero la gerencia de Mantenimiento e Ingeniería del IFE no aprobó dicha propuesta.*

#### 5.1 Metodología de Cálculo

Para ilustrar con mayor claridad el método utilizado, nos ayudaremos con la Fig. 5.1, que es un diagrama esquemático muy sencillo y sin mayores detalles de las cargas asociadas a la S/E CHN.

Es importante recordar que el material rodante (PC) se comporta como carga pasiva y activa. Esto es, cuando el tren tracciona absorbe energía (carga pasiva) y



cuando actúa el freno eléctrico regenera, es decir se comporta como un generador que inyecta energía a la línea (carga activa).

Cuando el material rodante tracciona, se puede afirmar que:

$$PT = PA + PB + PC + PD \quad \text{Ec. 5.1}$$

Cuando el material rodante se comporta como carga activa, se cumple que:

$$PT + PC = PA + PB + PD \quad \text{Ec. 5.2}$$

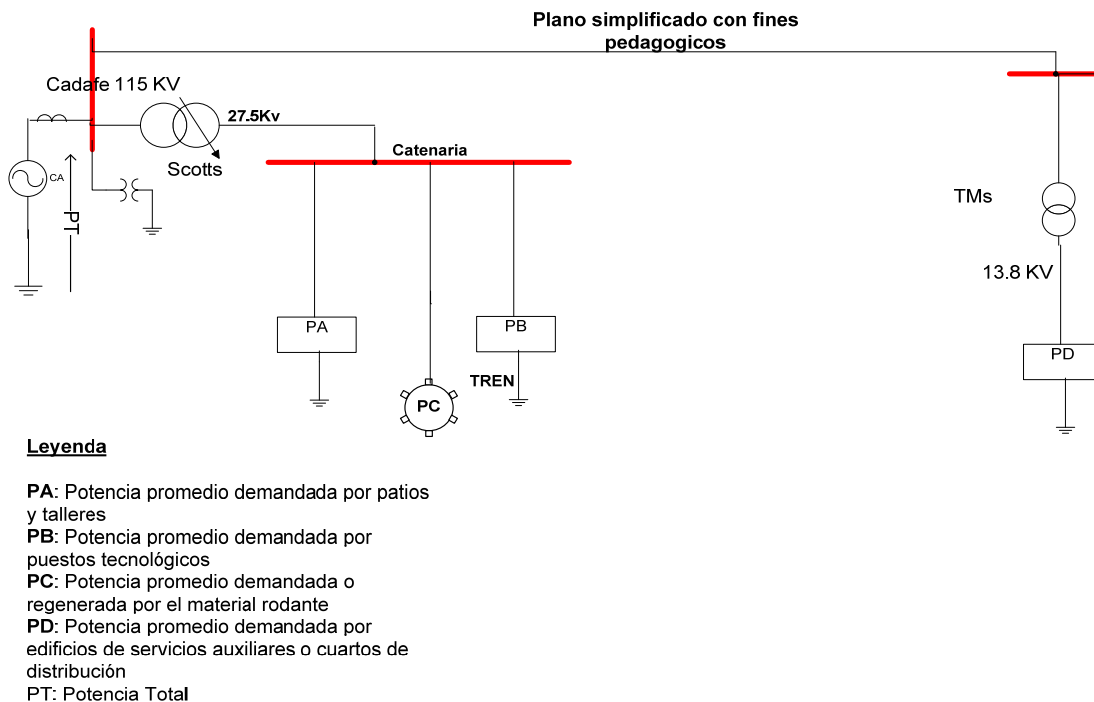


Fig. 5.1 Plano simplificado del sistema alimentado desde la S/E CHN.

*Es importante destacar que “PT” representa la potencia activa que se censa en el panel principal de la S/E, y es la potencia total que entrega (o se le entrega durante la regeneración) la barra principal de 115 kV del SIN y se puede tener valor de ella en cualquier instante.*

Ahora véase en la Ec. 5.1 y 5.2 que para conocer “**PC**” que es la potencia consumida o aportada (regenerada) por el material rodante, se deben tener como datos los valores de las demás variables (**PT**, **PA**, **PB** y **PD**).

Inicialmente se había planeado que con las mediciones registradas en campo (mostradas en el anterior capítulo) a cada una de la cargas, se obtendrían los valores de las anteriores variables, para hallar **PC**, *asumiendo dichas cargas constantes o de poca variación*. Sin embargo como lo demostramos en el capítulo anterior, la carga de patios y talleres (**PA**) presenta un comportamiento muy dinámico, esto inutiliza el procedimiento de cálculo; ya que el mismo requiere que las cargas sean más o menos constantes. Además, como también ilustramos en el **CAPÍTULO IV**, las cargas de los servicios auxiliares (**PD**) alimentadas desde los cuartos de distribución aguas abajo de los transformadores de 13.8 kV, presentaban el inconveniente que a pesar de ser relativamente constantes, no se conocían valores de potencia activa (necesaria para el cálculo), ya que los elementos de medición localizados en los cuartos de distribución mencionados, solo censaban valores de corriente y voltaje; mas no daban ninguna información del factor de potencia de las mencionadas cargas.

*Por tanto se decidió implementar el siguiente procedimiento:*

- a) Sacar de funcionamiento la carga de patios y talleres y con esto asegurar un valor constante de carga (**PA=0**).
- b) Unos instantes antes de comenzar la prueba y con la condición anterior dada (**PA=0**), bajar el pantógrafo, con esto se obliga a que la potencia del tren sea nula (**PC=0**). Por tanto, de la Ec.5.2 obtenemos que: **PT=PB+PD**. Este valor de potencia, que se mide en la el panel principal de la S/E CHN, representa la carga de todos los **PTs** (**PB**) y servicios auxiliares (**PD**) (incluidas todas las pérdidas en la línea y demás elementos de transmisión, como transformadores) que en lo sucesivo se conocerá como **PD'**. Esta es

una estrategia mejor que la considerada inicialmente, ya que toma en cuenta las diversas pérdidas y asegura el valor de potencia de dichas cargas **para el mismo momento de la prueba** y con ello se evita sucesos aleatorios que pudieran aumentar el margen de error de los resultados.

- c) Por lo tanto la Ec. 5.2 se reduce a:  $PC=PD'-PT$ , por tanto con  $PD'$  constante y tomando para cada instante el valor de  $PT$  podemos conocer en cualquier momento el valor de  $PC$ , que en este caso representa la potencia regenerada por el material rodante. El procedimiento es el exactamente el mismo para la tracción. La potencia traccionada (consumida) será:  $PC=PT-PD'$ .
- d) Teniendo ya los valores de potencia, se multiplica por el tiempo de duración de cada uno de los valores obtenidos (registros) y se obtiene la **energía consumida o regenerada**, según sea el caso.

*Con el procedimiento anterior se sortean los inconvenientes encontrados y descritos anteriormente.*

## **5.2 Descripción de la prueba**

En el anexo [1] podemos encontrar el protocolo de prueba que fue consignado a los distintos departamentos del IFE para la realización de la misma. En el, se detallan los pasos y procedimientos seguidos para dicha realización.

Sin embargo a grosso modo lo que se hizo fue hacer circular el material rodante (subiendo y bajando) de doble composición, es decir ocho coches, tal cual como lo hace habitualmente, pero en este caso, en un horario no comercial y sin carga de usuarios. Esto es, se censaron potencias durante todo el tramo de bajada (Cúa-Caracas) y de subida (Caracas-Cúa).

Como los valores variaban con rapidez y además eran muchos, se registraron colocando una cámara de video digital, con una memoria de 1GB, para que grabara cada uno de los valores censados por el vatímetro que se encuentra en la unidad de electrificación.



Fig.5.2 Colocación de cámara digital para registro de valores de potencia

### 5.3 Resultados de la prueba

Antes de empezar la prueba, con el tren estacionado en CHN con dirección a Cúa, se le dio instrucciones al personal en cabina para que bajara el pantógrafo, para así medir la potencia de las cargas de servicios auxiliares ( $PT=PB+PD=PD'$ ).

El valor encontrado fue el siguiente,

Tabla 5.1 Carga conjunta de PTs y Serv. Aux

$PD'$ (MW)	$\Delta PD'$ (MW)
0.4	0.1

$\Delta PD'$ : Error de medición.

Es importante destacar que este valor se registró varias veces, por ejemplo cada vez que el tren pasa por zona neutra debe bajar el pantógrafo para evitar un cortocircuito. Durante la prueba, las dos veces que pasó por zona neutra y cuando se estacionó en Caracas y en patios, se registró dicha medición obteniendo el mismo resultado. **Esto implica que el vatímetro es preciso.**

### 5.3.1 Subtramo Cúa-CHN (Vía ascendente)

La información de los datos registrados y relativos a este subtramo, son ilustrados en las subsiguientes tablas, para luego hacer una representación gráfica de los elementos más importantes contenidos en las mismas.

Es importante destacar (ver tabla 5.2) que el tren parte de la estación Cúa a las 00:20:35(h:min:seg) *-de haber empezado la grabación del video-* y obtiene su primer valor de potencia regenerada a las 00:21:29 y el último valor lo genera a las 0:34:40, llegando luego a la estación CHN a las 0:34:42.

#### Legenda:

**PTn:** Potencia activa total de la  $n$ ésima medida con el vatímetro.  
**tn:** Inicio de tiempo de permanencia de un valor de potencia (h:min:seg)  
 $\Delta t1$ : Intervalo de duración de un valor de potencia.  
 $\Delta Er$ : Error de energía regenerada  
**Ert:** Energía regenerada total en el tramo.  
**MPR:** Mayor potencia instantánea regenerada.  
**MTT:** Mayor intervalo de tiempo en tracción  
**RelGT':** Relación generación tracción (descendente/ascendente).  
**EtrT:** Energía traccionada total.

**PCn:** Potencia regenerada o traccionada por el tren.  
**tn+1:** Final de tiempo de permanencia de un valor de potencia (h:min:seg).  
**Er:** Energía regenerada en un intervalo.  
**Etr:** Energía traccionada en un intervalo.  
**MoPC:** Moda de potencia regenerada  
 $\Delta Ert$ : Error de energía regenerada total  
 $\Delta t$ : Error del intervalo de tiempo  
**MTR:** Mayor intervalo de tiempo en regeneración  
**RelGT:** Relación generación tracción (misma vía, ascendente o descendente)  
 $\Delta RelGT$ : Error Generación/Tracción.  
**MPT:** Mayor potencia instantánea traccionada.

**Nota:** Esta leyenda se mantiene, para las restantes tablas.

Tabla 5.2 Registros de prueba Cúa-CHN

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er KWh	ΔEr KWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er KWh	ΔEr KWh	Ert KWh	ΔErt KWh
1	0	0,4	0:21:29	0:21:30	1,00	0,11	0,17	51	-1,3	1,7	0:29:09	0:29:10	1,00	0,47	0,53	41,53	37,72
2	-0,4	0,8	0:21:30	0:21:30	0,00	0,00	0,00	52	-0,7	1,1	0:29:10	0:29:10	0,00	0,00	0,00		91%
3	-0,5	0,9	0:21:30	0:21:31	1,00	0,25	0,31	53	-0,4	0,8	0:29:10	0:29:11	1,00	0,22	0,28		
4	-0,2	0,6	0:21:31	0:21:32	1,00	0,17	0,22	54	-0,3	0,7	0:29:11	0:29:12	1,00	0,19	0,25		
5	0	0,4	0:21:32	0:21:33	1,00	0,11	0,17	55	-0,2	0,6	0:29:12	0:29:12	0,00	0,00	0,00		
6	0,1	0,3	0:21:33	0:21:33	0,00	0,00	0,00	56	0,2	0,2	0:29:12	0:29:13	1,00	0,06	0,11		
7	-0,3	0,7	0:24:37	0:24:38	1,00	0,19	0,25	57	0,2	0,2	0:29:28	0:29:31	3,00	0,17	0,22		
8	-0,5	0,9	0:24:38	0:24:39	1,00	0,25	0,31	58	0,1	0,3	0:29:31	0:29:33	2,00	0,17	0,19		
9	-0,6	1	0:24:39	0:24:42	3,00	0,83	0,44	59	0,2	0,2	0:29:33	0:29:35	2,00	0,11	0,17		
10	0,3	0,1	0:24:42	0:24:43	1,00	0,03	0,08	60	0,3	0,1	0:29:35	0:29:35	0,00	0,00	0,00		
11	-0,4	0,8	0:25:58	0:25:58	0,00	0,00	0,00	61	-0,2	0,6	0:32:48	0:32:49	1,00	0,17	0,22		
12	-0,6	1	0:25:58	0:25:59	1,00	0,28	0,33	62	-0,4	0,8	0:32:49	0:32:49	0,00	0,00	0,00		
13	0,2	0,2	0:25:59	0:26:00	1,00	0,06	0,11	63	-0,5	0,9	0:32:49	0:32:51	2,00	0,50	0,36		
14	0	0,4	0:26:57	0:26:58	1,00	0,11	0,17	64	-1,4	1,8	0:32:51	0:32:53	2,00	1,00	0,61		
15	-0,4	0,8	0:26:58	0:26:58	0,00	0,00	0,00	65	-1,8	2,2	0:32:53	0:32:54	1,00	0,61	0,67		
16	-0,6	1	0:26:58	0:27:08	10,00	2,78	0,83	66	-2,2	2,6	0:32:54	0:32:55	1,00	0,72	0,78		
17	-0,5	0,9	0:27:08	0:27:09	1,00	0,25	0,31	67	-2,8	3,2	0:32:55	0:32:56	1,00	0,89	0,94		
18	0,2	0,2	0:27:15	0:27:16	1,00	0,06	0,11	68	-3,5	3,9	0:32:56	0:32:57	1,00	1,08	1,14		
19	-0,4	0,8	0:27:16	0:27:16	0,00	0,00	0,00	69	-4,5	4,9	0:32:57	0:32:58	1,00	1,36	1,42		
20	-0,6	1	0:27:16	0:27:25	9,00	2,50	0,78	70	-4,3	4,7	0:32:58	0:32:59	1,00	1,31	1,36		
21	0,1	0,3	0:27:25	0:27:26	1,00	0,08	0,14	71	-3,9	4,3	0:32:59	0:32:59	0,00	0,00	0,00		
22	-0,1	0,5	0:27:45	0:27:46	1,00	0,14	0,19	72	-3,7	4,1	0:32:59	0:33:00	1,00	1,14	1,19		
23	-0,5	0,9	0:27:46	0:27:47	1,00	0,25	0,31	73	-3,6	4	0:33:00	0:33:01	1,00	1,11	1,17		
24	-0,6	1	0:27:47	0:27:52	5,00	1,39	0,56	74	-3,5	3,9	0:33:01	0:33:01	0,00	0,00	0,00		
25	-0,4	0,8	0:27:52	0:27:52	0,00	0,00	0,00	75	-3,3	3,7	0:33:01	0:33:02	1,00	1,03	1,08		
26	-0,1	0,5	0:28:46	0:28:47	1,00	0,14	0,19	76	-3	3,4	0:33:02	0:33:03	1,00	0,94	1,00		
27	-0,3	0,7	0:28:47	0:28:47	0,00	0,00	0,00	77	-2,2	2,6	0:33:03	0:33:04	1,00	0,72	0,78		
28	-0,4	0,8	0:28:47	0:28:49	2,00	0,44	0,33	78	-1,3	1,7	0:33:04	0:33:04	0,00	0,00	0,00		
29	-1,2	1,6	0:28:49	0:28:50	1,00	0,44	0,50	79	-1,1	1,5	0:33:04	0:33:05	1,00	0,42	0,47		
30	-1,4	1,8	0:28:50	0:28:51	1,00	0,50	0,56	80	-1	1,4	0:33:05	0:33:06	1,00	0,39	0,44		
31	-1,3	1,7	0:28:51	0:28:52	1,00	0,47	0,53	81	-0,7	1,1	0:33:06	0:33:06	0,00	0,00	0,00		
32	-1,4	1,8	0:28:52	0:28:53	1,00	0,50	0,56	82	-0,5	0,9	0:33:06	0:33:07	1,00	0,25	0,31		
33	-2,1	2,5	0:28:53	0:28:54	1,00	0,69	0,75	83	-0,4	0,8	0:33:07	0:33:08	1,00	0,22	0,28		
34	-2,8	3,2	0:28:54	0:28:55	1,00	0,89	0,94	84	0	0,4	0:33:08	0:33:09	1,00	0,11	0,17		
35	-3,4	3,8	0:28:55	0:28:57	2,00	2,11	1,17	85	0,3	0,1	0:33:09	0:33:09	0,00	0,00	0,00		
36	-3,2	3,6	0:28:57	0:28:57	0,00	0,00	0,00	86	0,2	0,2	0:33:49	0:33:55	6,00	0,33	0,39		
37	-3,1	3,5	0:28:57	0:28:58	1,00	0,97	1,03	87	0,3	0,1	0:33:55	0:33:56	1,00	0,03	0,08		
38	-2,9	3,3	0:28:58	0:28:59	1,00	0,92	0,97	88	0,2	0,2	0:33:56	0:33:57	1,00	0,06	0,11		
39	-2,7	3,1	0:28:59	0:29:01	2,00	1,72	0,97	89	0	0,4	0:33:57	0:33:59	2,00	0,22	0,22		
40	-2,6	3	0:29:01	0:29:02	1,00	0,83	0,89	90	0,2	0,2	0:33:59	0:33:59	0,00	0,00	0,00		
41	-2,5	2,9	0:29:02	0:29:02	0,00	0,00	0,00	91	0,3	0,1	0:33:59	0:34:01	2,00	0,06	0,14		
42	-2,3	2,7	0:29:02	0:29:03	1,00	0,75	0,81	92	0	0,4	0:34:32	0:34:35	3,00	0,33	0,28		
43	-2,2	2,6	0:29:03	0:29:04	1,00	0,72	0,78	93	0,1	0,3	0:34:35	0:34:37	2,00	0,17	0,19		
44	-2,1	2,5	0:29:04	0:29:04	0,00	0,00	0,00	94	0,2	0,2	0:34:37	0:34:38	1,00	0,06	0,11		
45	-2	2,4	0:29:04	0:29:05	1,00	0,67	0,72	95	0,3	0,1	0:34:40	0:34:41	1,00	0,03	0,08		
46	-1,9	2,3	0:29:05	0:29:06	1,00	0,64	0,69										
47	-1,8	2,2	0:29:06	0:29:07	1,00	0,61	0,67										
48	-1,6	2	0:29:07	0:29:07	0,00	0,00	0,00										
49	-1,5	1,9	0:29:07	0:29:08	1,00	0,53	0,58										
50	-1,4	1,8	0:29:08	0:29:09	1,00	0,50	0,56										

MPR (MW)	MTR (seg)	MoPC (MW)	RelGT	?RelGT
4,9	10	0,8	9,88%	0,14

Los valores de las variables ubicadas en la tabla anterior y que se describen en la leyenda, se encontraron como se explica a continuación.

*Como se dijo anteriormente el único valor obtenido directamente es el de **PT** y por supuesto el valor del tiempo (**tn, tn+1**). Las demás son mediciones indirectas, es decir, obtenidas a partir de otras variables.*

- La potencia regenerada por el material rodante (**PC**) se obtuvo a partir de la Ec. 5.2. De donde obtenemos que:

**PC=0.4 MW-PT**. Donde 0.4 MW es el valor de potencia de las cargas de servicios auxiliares (ver tabla 5.1).

- La potencia regenerada (**PC**), que es una medición indirecta, tiene un error que viene dado por la siguiente ecuación:

$$\Delta PC = \left| \frac{\partial PC}{\partial PD'} \right| * \Delta PD' + \left| \frac{\partial PC}{\partial PT} \right| * \Delta PT \quad \text{Ec. 5.3}$$

Donde:

$$\Delta PD' = \Delta PT = 0.1 \text{ MW}$$

Lo que resulta,  **$\Delta PC = 0.2 \text{ MW}$** . *Este es el error de medición de cada valor de potencia regenerada. Que es elevado, tomando en cuenta que muchos valores de potencia estaban por debajo de 1 MW.*

- **$\Delta t1$**  se obtuvo restando **tn+1** y **tn**. Este valor es necesario para el hallazgo de la energía regenerada **Er**, la cual se halló multiplicando el valor de **PC** por el intervalo de tiempo de duración del registro (**Er=PC.  $\Delta t1$** ).

$$\mathbf{Er=PC. \Delta t1} \dots\dots\dots \mathbf{Ec. 5.4}$$

- El error de la energía regenerada ( $\Delta E_r$ ) se halló mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta E_r = \left| \frac{\partial E_r}{\partial PC} \right| * \Delta PC + \left| \frac{\partial E_r}{\partial \Delta t_1} \right| * \Delta(\Delta t_1) \quad \text{Ec.5.5}$$

- La energía regenerada total ( $E_{rt}$ ) se halló sumando las energías de cada una de las mediciones. Por lo que el error de la energía total se halló sumando cada uno de los respectivos errores. Esto se convierte en una desventaja, debido a que como son muchas mediciones, siendo el error final, en algunas ocasiones, de gran magnitud.
- La relación generación/tracción ( $ReIGT$ ), en este caso, se halló dividiendo lo que regenera y tracciona **en la misma vía ascendente** (Cúa-CHN).

*Las tablas de registros de datos para la **tracción** de este tramo, y de tracción y regeneración de los restantes tramos se ubicaran en los ANEXOS, por razones de espacio.*

En el anexo [2] se puede observar que el promedio de energía traccionada (**420.17 kWh**) es aproximadamente 10 veces mayor que la regenerada, en la vía ascendente.

Utilizando los datos de las tablas 5.2 a) y b) y el anexo [2] , podemos afirmar que en el subtramo **Cúa-CHN**, con la **Energía Promedio Regenerada** (41.53 kWh) se puede:

- a) Encender 2307 bombillos ahorradores (18W) durante una hora.
- b) Iluminar 288 viviendas (8 bombillos) durante una hora.
- c) Alimentar a PT4 y PT5 durante 4.1 horas.
- d) Se Regenera el **10%** de la energía necesaria para la tracción.
- e) La potencia típica (moda) regenerada es **0.8MW**.



f) La potencia típica (moda) consumida en tracción es **0.3MW**.

*En el inciso f ) podemos observar que el valor de potencia más común (Moda) en la tracción es 0.3MW. Este valor corresponde al de la potencia que absorbe el material rodante cuando se encuentra estacionado o en neutral, es decir es la menor potencia consumida por el material rodante.*

Otra forma de ilustrar los datos de la tabla 5.2 a), la haremos representando la energía regenerada por intervalos de 2 minutos de viaje. Por ejemplo si se examina la Fig. 5.3, podemos observar que entre el minuto 4 y 6 del viaje, después de arrancar de la estación Cúa, se regeneran 6.11 kWh que es el 11.24% del total.

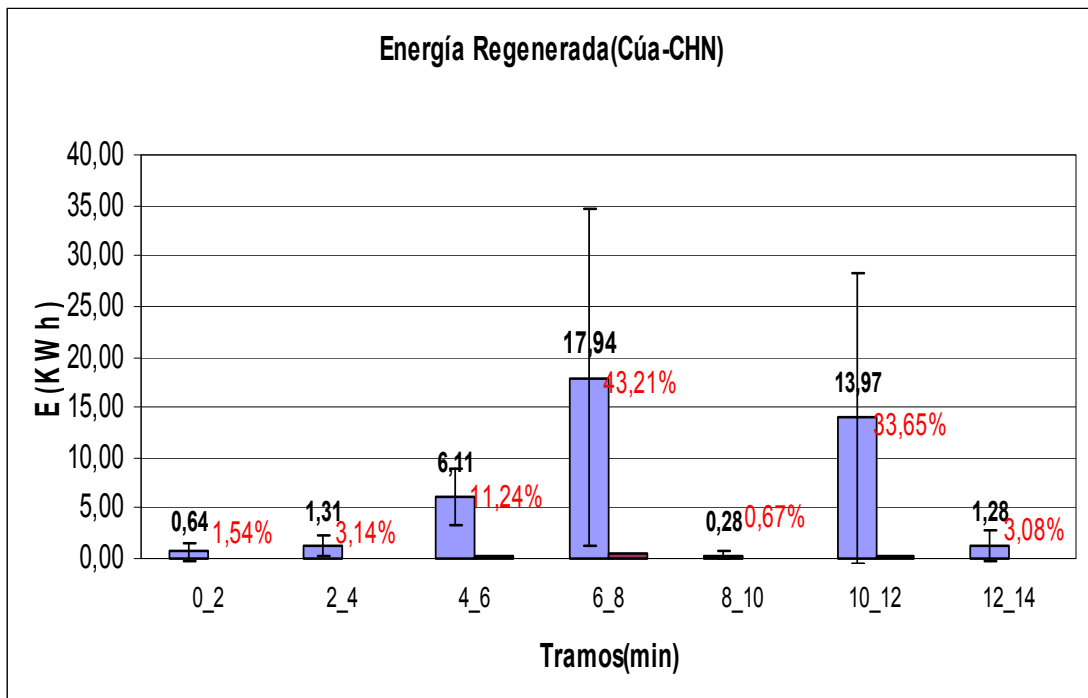


Fig. 5.3 Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo Cúa-CHN

La tabla que resume la representación anterior, es la siguiente:

Tabla 5.3 Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo Cúa-CHN

t(min)	0_2	2_4	4_6	6_8	8_10	10_12	12_14	Total
E(kWh)	0,64	1,31	6,11	17,94	0,28	13,97	1,28	<b>41,53</b>
$\Delta E(kWh)$	0,86	1,08	2,78	16,64	0,36	14,39	1,61	<b>37,72</b>
	1,54%	3,14%	14,72%	43,21%	0,67%	33,65%	3,08%	<b>90,84%</b>

Nótese de la Fig.5.3, que la mayor regeneración se obtiene en los bloques de: 6-8 y 10-12 minutos de viaje en el subtramo Cúa-CHN.

Como se ha venido recalando, podemos notar en la tabla 5.3 que los márgenes de error son significativos. Por ejemplo en el caso del subtramo Cúa-CHN podemos agregar, además de lo afirmado de la escala del vatímetro, que en este recorrido predominan los valores de potencia de neutral a tracción; y los valores de regeneración obtenidos cuando frena el material rodante son pequeños, debido a que el esfuerzo del freno es bajo por la topografía de la vía.

En el anexo [2] se puede observar que el número de registros (303) de las mediciones de tracción, son poco más de tres veces mayor el número de registros de regeneración (95), [ver tabla 5.2a].

### 5.3.2 Subtramo CHN-Caracas (Vía ascendente)

El procedimiento de cálculo es el mismo que para el subtramo anterior. Igualmente, algunas tablas y gráficos las ubicaremos en los anexos.

En el anexo [3], encontramos la tabla que contiene los datos de la regeneración en este tramo. Allí podemos constatar que también el número de registros (71) es relativamente bajo y además gran número de la valores de potencia regenerada son de baja magnitud.

Los datos de la tabla del anexo [3], los tomamos y realizamos un resumen de las energías regeneradas por bloques, tal como lo hicimos en la tabla 5.3.

Tabla 5.4 Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo CHN-Caracas

t(min)	0_2	2_4	4_6	6_8	8_10	10_12	12_14	14_16	16_19	Total
E(kWh)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,56	0,00	5,53	19,86	32,94
$\Delta E$ (kWh)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,47	0,00	3,75	20,03	31,25
	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,93%	0,00%	16,78%	60,29%	94,86%

Su representación gráfica será:

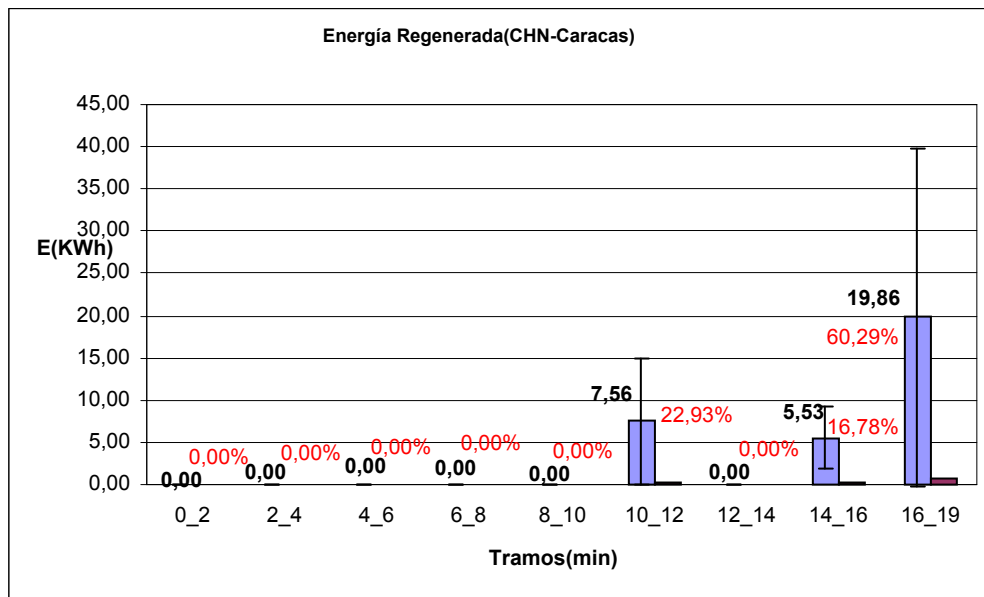


Fig. 5.4 Energía reg. en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo CHN-Caracas

En la anterior figura se puede observar que en este subtramo, casi no se regenera. A excepción de los intervalos: 10\_12, 14\_16 y 16\_19, donde se regenera el 60.29% de la energía total regenerada, esto se debe a que la vía es predominante ascendente y por ende la mayor parte del tiempo el material rodante está traccionando.

En el anexo [4] se puede observar que el número de registros (325) de las mediciones de tracción, es casi cinco veces mayor al número de registros de la regeneración (71). Esto en cierta forma explica los pocos valores de regeneración en este subtramo.

Además, nótese que incluso en este subtramo; que es más largo que el de Cúa-CHN, la potencia promedio regenerada es menor. Debido a la topografía del mismo.

Con los datos aportados de las mediciones, podemos afirmar que en el subtramo **CHN-Caracas**, con la **energía promedio regenerada** (32.94kWh) se puede:

- a) Encender 1830 bombillos ahorradores durante una hora.
- b) Iluminar 228 viviendas (8 bombillos).
- c) Alimentar a PT1, PT2 y PT3 durante 36 min.
- d) Se Regenera el 4% de la energía necesaria para la tracción.
- e) La potencia típica(modal) regenerada es **1.8MW**.
- f) La potencia típica (modal) consumida en tracción es **3.3MW**.

### **5.3.3 Subtramo Caracas-CHN (Vía descendente)**

En el anexo [5], se encuentra la tabla que contiene los datos de la regeneración en este subtramo. Allí podemos constatar que el número de registros (250) es relativamente alto y además los valores de error son “significativamente menores” a los de los otros subtramos, debido a que la pendiente predominante es descendente, por lo que durante la circulación del material rodante se deben aplicar los frenos en gran cantidad de ocasiones.

Los datos de la tabla del anexo [5], se tomaron y se realizó un resumen de las energías regeneradas por bloques y los esbozamos en la tabla 5.5 e ilustramos en la Fig.5.5.

Tabla 5.5 Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo Caracas-CHN

t (min)	0_2	2_4	4_6	6_8	8_10	10_12	12_14	14_16	16_19	Total	
E (kWh)	8,47	4,56	20,25	22,08	22,06	23,36	23,47	23,56	32,28	180,08	
$\Delta E$ (kWh)	8,22	3,58	8,31	7,25	8,75	12,36	7,86	10,58	28,31	95,22	52,88%
	4,70%	2,53%	11,24%	12,26%	12,25%	12,97%	13,03%	13,08%	17,92%		

Su representación gráfica será:

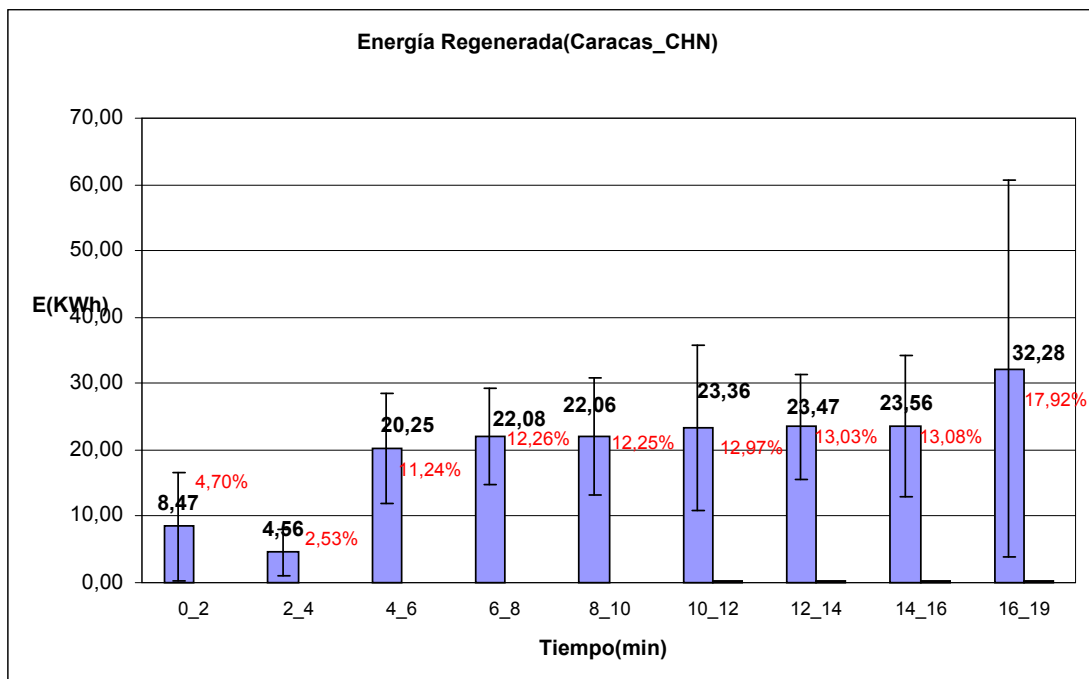


Fig.5.5 Energía reg. en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo Caracas-CHN

Es importante destacar que en este subtramo es donde se regenera mayor cantidad de energía (180kWh), ya que el mismo presenta una pendiente predominantemente descendente. También, nótese que llegando a la estación CHN es que se regeneran mayores “bloques” de energías. Sin embargo, también se necesita energía para la tracción. Estos valores de energías se registraron a lo largo del tramo y los esbozamos en la tabla del anexo [6].

En el anexo [6] podemos verificar que el registro de potencia que más se repite (Moda) es el de 0.3MW. En este caso, este valor significa que en gran parte del subtramo el tren iba en neutral para luego frenar.

Con los datos aportados de las mediciones, podemos afirmar que en el subtramo **Caracas-CHN**, con la **energía promedio regenerada** (180.8kWh) se puede:

- a) Encender 10.004 bombillos ahorradores durante una hora.
- b) Iluminar 1250 viviendas (8 bombillos).
- c) Alimentar a PT1, PT2 y PT3 durante 3.3 horas.
- d) **Bajar** una EMU doble y una sencilla, y con la energía restante se puede alimentar PT3 durante una hora.
- e) Alimentar por 35min. todos los edificios de servicios auxiliares, conectados aguas abajo de los Tms.
- f) Se Regenera el 21% de la energía necesaria para subir.
- g) La potencia típica (moda) regenerada es 1MW
- h) La potencia típica (moda) consumida en tracción es **0.3MW** (Tren en neutro).

Haciendo énfasis en el inciso d), se puede apreciar con mayor claridad la magnitud de la energía aportada por el material rodante. Nótese que con la misma energía promedio regenerada se pueden llevar al mismo destino: un tren de composición doble y uno de composición simple. Además queda un diferencial de energía que puede ser usada para alimentar al puesto tecnológico 3 durante una hora, que es el de mayor demanda.

Sin embargo solo se regenera el 21% de la energía necesaria para subir la misma unidad.

#### **5.3.4 Subtramo CHN-Cúa (Vía descendente)**

En el anexo [7], encontramos la tabla que contiene los datos de la regeneración en este subtramo.

Los datos de la tabla del anexo [7], se tomaron y se realizó un resumen de las energías regeneradas por bloques y los esbozamos en la tabla 5.6 e ilustramos en la Fig.5.6.

Tabla 5.6 Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo CHN-Cúa

t(min)	0_2	2_4	4_6	6_8	8_10	10_13	Total	
E(kWh)	15,67	28,72	2,42	3,61	26,78	19,89	<b>97,08</b>	
$\Delta E(kWh)$	6,22	24,33	1,92	1,69	23,11	20,36	<b>77,64</b>	79,97%
	16,14%	29,59%	2,49%	3,72%	27,58%	20,49%		

En la Fig.5.6 es fácil observar que los mayores bloques de generación se encuentran en los primeros y últimos minutos del recorrido en este subtramo. Además si se observa la energía promedio regenerada (97.08 kWh) es aproximadamente la mitad de lo que se regenera en el subtramo precedente. Esto implica, que con esta energía se puede traer desde Caracas hasta CHN una EMU de composición simple.

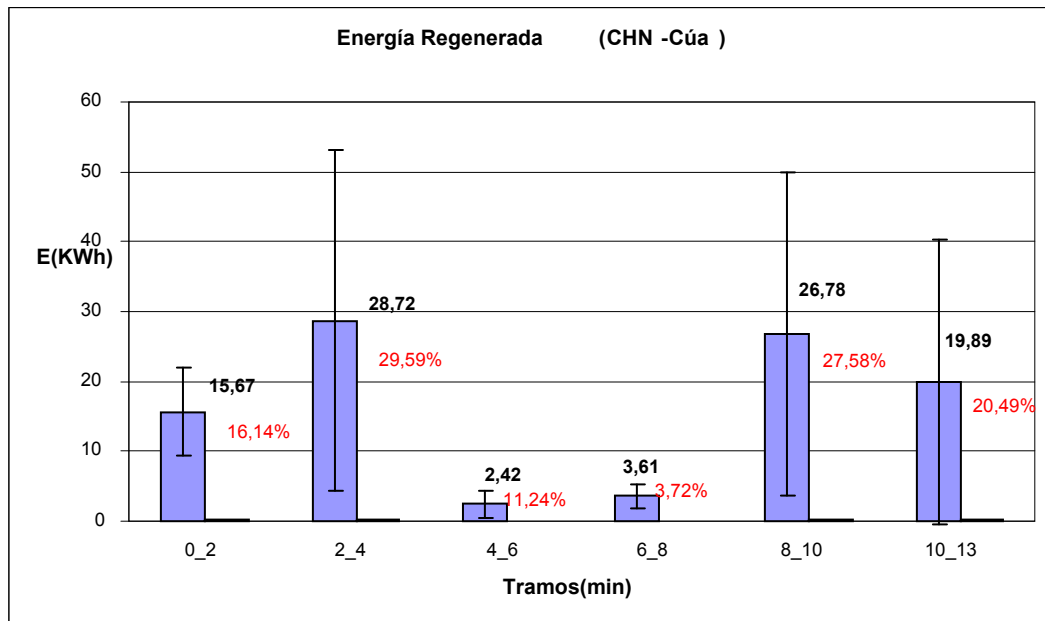


Fig.5.6 Energía regenerada en intervalos de 2min.de viaje en el subtramo CHN-Cúa

Los valores o registros de la energía traccionada en este subtramo los encontramos en la tabla del anexo [8], donde se puede verificar que el valor de energía de tracción total es mayor a la regenerada aunque la vía sea “descendente”; en dicho anexo se puede verificar, al final del mismo, que la moda de potencia traccionada es 0.3MW. Esto implica que en reiteradas ocasiones el tren se encontraba en neutral.

Con los datos aportados de las mediciones, se puede afirmar que en el subtramo **CHN-Cúa**, con la **energía promedio regenerada** (97,08 kWh) se puede:

- a) Encender 5393 bombillos ahorradores durante una hora.
- b) Iluminar 674 viviendas (8 bombillos).
- c) Alimentar a PT4 y PT5 durante 1.78 horas.
- d) Se Regenera el 23.1% de la energía necesaria para subir (Cúa-CHN).
- e) Con la energía regenerada de una EMU doble se puede bajar (CHN-Cúa) una EMU sencilla.
- f) La potencia típica (moda) regenerada es **0.9MW**.
- g) La potencia típica (moda) consumida en tracción es **0.3MW** (Tren en neutro).

#### **5.4 Consideraciones y datos resaltantes finales.**

Ahora consideramos importante hacer algunas precisiones de los datos de los tramos enteros, es decir, Cúa-Caracas (vía ascendente) y Caracas-Cúa (vía descendente), en, y entre ellos.

##### **5.4.1 Caracas-Cúa (Vía Descendente)**

Como hemos comentado con anterioridad, este es el tramo donde más se regenera energía, debido a que la vía es predominantemente descendente.

A continuación, algunas precisiones:



- a) Se contabilizó la energía promedio necesaria para la **tracción** en este tramo, resultando:  $104.83\text{KWh (Ccs-CHN)}+176.22\text{kWh (CHN-Cúa)}=281.05\text{kWh}$ . Mientras que en **Regeneración** se producen en promedio:  $180.0\text{kWh(Ccs-CHN)}+97.0822\text{kWh(CHN-Cúa)}= 277.16\text{kWh}$ . Es importante resaltar que en el tramo Ccs-CHN (vía descendente) se regenera **1.72** veces la energía necesaria para la tracción.
- b) La relación Regeneración-Tracción (Reg/Tra) del tramo completo es aproximadamente: **99%**.
- c) La relación Regeneración-Tracción (Reg'/Tra') (descendente/ascendente) es: **22%**.
- d) Como regularmente se hacen un total de 50 viajes en este tramo, el promedio de la energía total regenerada es de **13.9 MWh**.

#### 5.4.2 Cúa-Caracas (Vía Ascendente)

También, como mencionamos anteriormente: este es el tramo donde más se consume energía en tracción, debido a que la vía es predominantemente ascendente.

A continuación, algunas precisiones:

- a) Se contabilizó una energía, necesaria para la **tracción** en este tramo, de  $420.17\text{kWh(Cúa\_CHN)}+852\text{Kwh(CHN\_Ccs)}=1272.17\text{kWh}$ . Mientras que en **regeneración** se producen:  $41.53\text{kWh(Cúa\_CHN)}+32.94\text{kWh(CHN\_Ccs)}=74.47\text{kWh}$ . Nótese que con estos valores se certifica, algo que a priori es evidente: La vía Cúa-Caracas es ascendente. Este resultado valida de alguna forma, los mismos.
- b) La relación Regeneración-Tracción(Reg/Tra) del tramo es: **5.85%**.
- c) Como regularmente se hacen un total de 50 viajes en este tramo, el promedio de la energía total regenerada es de **3.7 MWh**.

### 5.4.3 Cotejo de tramos completos (Ascendente y Descendente)

- a) Para bajar de Caracas a Cúa, que es el tramo donde más se regenera, se produce una energía de: **277.16kWh**.
- b) Para subir de Cúa a Caracas, que es el tramo donde más se tracciona, se consume una energía de: **1272.17kWh**.
- c) Por tanto, comparando la vía descendente y ascendente, se tiene una relación Regeneración-Tracción(Reg'/Tra') de: 22%. Esto implica que aproximadamente, con la energía de 5 trenes se puede subir uno sin depender del sistema interconectado.
- d) Sumando el promedio de energía regenerada en ambos tramos, se tiene un total de energía producida de aproximadamente 18 MWh por jornada comercial. Con esta energía se pudieran mantener encendido por una hora *1 millón de bombillos ahorradores*.

*A continuación se esbozaran, en la siguiente tabla resumen, los datos más importantes obtenidos de la prueba hecha al material rodante.*

<b>Tabla Resumen</b>																			
Tramo	Regeneración					Tracción					Relaciones Generación/Tracción(rel)								
	E. Reg (KWh)	ΔEr (KWh)	%ΔEr	MTR (seg)	MPR (MW)	Mo (MW)	E.tr (KWh)	ΔE.tr (KWh)	%ΔEd	MTT (seg)	MPT (MW)	Mo (MW)	R/T	%	ΔR/T	R/T	%	ΔR/T	#m
C.cs-CHN	180,08	95,22	53%	22	4,5	1,0	104,83	80,61	77%	18	5,8	0,3	1,72	172%	2,23	0,21	21%	0,19	461
CHN-Cúa	97,08	77,64	80%	21	5,1	0,9	176,22	119,7	68%	45	5,7	0,3	0,55	55%	0,81	0,23	23%	0,29	361
Cúa-CHN	41,53	37,72	91%	10	4,9	0,8	420,17	194,7	46%	37	5,7	0,3	0,10	10%	0,14	***	***	***	398
CHN-Ccs	32,94	31,25	95%	9	3,8	1,8	852	301,4	35%	102	5,8	3,3	0,04	4%	0,05	***	***	***	396
<b>Totales</b>																			
<b>Vía</b>																			
<b>Descendente</b>	277,16	172,9	62%	***	***	1	281,05	200,33	71%	***	***	0,3	0,99	99%	1,32	0,22	22%	0,22	822
<b>Ascendente</b>	74,47	68,97	93%	***	***	0,2	1272,17	496,08	39%	***	***	3,3	0,06	6%	0,08	***	***	***	794
<b>Leyenda:</b>																			
<b>E. Reg:</b> Energía Regenerada										<b>MTR:</b> Mayor tiempo en Regeneración									
<b>E.tr:</b> Energía traccionada										<b>MPR:</b> Mayor Potencia instantanea Regenerada									
<b>ΔEr:</b> Error de Energía Regenerada										<b>Mo:</b> Moda de la Potencia Regenerada o Traccionada									
<b>ΔE.tr:</b> Error de Energía consumida en tracción										<b>MTT:</b> Mayor tiempo en Tracción									
<b>R/T:</b> Relación Regeneración Tracción(rel)(Misma vía)										<b>MPT:</b> Mayor Potencia instantanea Traccionada									
<b>R'/T':</b> Relación Regeneración Tracción. Descendente-Ascendente										<b>ΔR/T:</b> Error de relación Generación/Tracción									
										<b>#m:</b> Número de mediciones o registros de potencias									

Tabla 5.7

#### 5.4.4 Relación de energías entre Material Rodante, con y sin carga.

Es importante recordar que la prueba realizada con el material rodante se hizo sin la carga aportada por los usuarios, es decir, a mínima carga. Por lo que se considera necesario hacer una estimación de cuanta más energía se regenera o se demanda, debido a que la mayor parte del tiempo el material rodante funciona con la carga aportada por los usuarios.

En la Tabla 2.7-1 encontramos los pesos, con distintas cargas, de los coches que conforman el material rodante. En la misma podemos observar que una EMU de composición simple sin carga de usuarios (P0) tiene un peso de 182 Ton, por lo que una de doble composición tendrá un peso sin carga de 364 Ton.

También puede observarse que una EMU de composición simple a plena carga (Pd) posee una carga de 258,58 Ton, por lo que una de composición doble tendrá una masa de 517,16 Ton.

Teniendo en cuenta los valores de masa anteriores podemos realizar las aproximaciones entre la energía del material rodante a plena y mínima carga o cualesquiera combinaciones, entre diferentes relaciones de carga.

Sabiendo que la energía cinética, que puede transformarse en energía eléctrica (*Despreciando pérdidas mecánicas y eléctricas por efecto Joule, en el material rodante*), viene dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad \text{Ec. 5.6}$$

Ahora suponiendo que con y sin carga en un momento determinado el material rodante posee la misma velocidad, como ocurre en el horario comercial, podemos hacer la siguiente estimación.

Siendo:

$m_0=182$  ton (Masa de la EMU sin carga)

$m_1=258.58$  ton (Masa de la EMU a máx. carga)

La energía cinética de la EMU con y sin carga, será:

$$E_{c0} = \frac{1}{2} \cdot m_0 \cdot v^2 \quad \text{Ec.5.6-1} \quad , \quad E_{c1} = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v^2 \quad \text{Ec.5.6-2}$$

Dividiendo ambas ecuaciones encontramos que:

$$E_{c1} = 1.42 \cdot E_{c0} \quad \text{Ec.5.7}$$

En la Ecuación anterior notamos que no importa las unidades de masa, tampoco si la EMU es de composición sencilla o doble. Ya que la relación de energías es lineal y depende exclusivamente de las masas de las mismas, siempre y cuando la velocidad de ambas EMUs sean iguales en todo momento.

***De la ecuación 5.7 podemos inferir que la energía que necesita una EMU a plena carga es 42% mayor a la que necesita a carga mínima.***

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se realizó un estudio de la energía que regenera el material rodante e inyecta a la catenaria, del tramo Caracas-Cúa del IFE, cuando actúa el freno regenerativo. Actualmente gran parte de esa energía es enviada, a través de la línea de alimentación, al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Para lograrlo, se realizó inicialmente una investigación en campo que consistió en hacer un estudio de la energía consumida por cada una de las cargas asociadas o alimentadas desde la S/E CHN.

Luego se reformuló el procedimiento para la medición de la energía regenerada, ya que el estudio de las cargas determinó que la estrategia inicial para la determinación del flujo energético no era viable. Debido a que el comportamiento de algunas de estas cargas no era constante, adicionalmente no se pudo conocer los distintos valores de potencia activa de las mismas.

Seguidamente, se realizó la prueba principal al material rodante. Donde se registraron numerosos valores y registros de potencias (1616 registros) que fueron almacenados en una cámara de video, para luego de un laborioso trabajo vaciarlos en una hoja de cálculo, procesarlos y obtener las cifras que dieron reflejo de los datos buscados.

Luego del análisis del trabajo de campo y de los resultados de la prueba, se puede concluir que:

- ✦ Los diferentes puestos tecnológicos (PTs), tienen un consumo de energía relativamente constante. Ya que los valores de potencia censados reflejaron

que los mismos varían en una banda relativamente estrecha. Además se pudo verificar que PT1, PT2 y poseen un consumo similar PT4 ( $\approx 16\text{kW}$ ), mientras PT3 tiene el mayor consumo ( $\approx 23\text{kW}$ ) y PT4 el menor ( $10\text{kW}$ ).

➤ La carga del área de patios y talleres posee un consumo de carga relativamente alto y un comportamiento muy dinámico: debido a que cuando se le realiza el mantenimiento de los trenes, se mantiene encendido el sistema de aire acondicionado, además de la tracción para el movimiento de los mismos, estos hacen que la determinación de los valores de potencia en un instante determinado sea un evento predominantemente aleatorio.

➤ Las cargas conectadas aguas abajo de los transformadores de  $115/13,8\text{ kV}$  (TMs) tienen un consumo de carga relativamente constante. Pero no se pudo contabilizar potencias **activas**. Sin embargo podemos agregar que la potencia aparente promedio total de todas esas cargas es aproximadamente  $551\text{ kVA}$ . Esta carga es  $40\%$  menor que la de “patios y talleres”: esto es indicativo del gran consumo de esta carga, que solo tiene como fin el mantenimiento del material rodante.

➤ El subtramo Caracas-CHN es donde se regenera mayor cantidad de energía ( $\approx 180\text{ kWh}$ ) por viaje con el Material Rodante a mínima carga. La misma representa aproximadamente el  $172\%$  de la energía necesaria para bajar un tren similar. Dicho de otra manera, con la energía regenerada se pudiera bajar en el mismo subtramo: una EMU de doble composición y una de composición simple, quedando todavía un excedente que pudiera ser utilizado para alimentar PT3 durante una hora aproximadamente. Sin embargo dicha energía representa aproximadamente solo el  $21\%$  de la requerida para subir otro tren en el mismo tramo por la vía ascendente, es decir, para subir un tren con la energía regenerada en la vía descendente; se necesitarían bajar cinco unidades.

✦ En el subtramo CHN-Cúa se regenera una energía aproximada de 97,08 kWh, que sumada con la regenerada en Caracas-CHN, suman un total de 277,16 kWh por viaje, en toda la vía descendente. Con esta energía se puede llevar un tren de Caracas hasta Cúa sin depender de la energía del SIN.

✦ En el subtramo Cúa- CHN se regenera una energía aproximada 41,53 kWh, esto a pesar de que la vía es predominantemente ascendente, pero se aplican en ciertos puntos el frenado regenerativo que produce o regenera la energía citada.

✦ En el subtramo CHN- Caracas, que es el tramo donde se regenera menor cantidad de energía y donde más se consume, debido principalmente a su topografía, se produce una energía aproximada de 32,94 kWh, esto sumado con la energía regenerada del subtramo Cúa-CHN hacen un total de 74,47 kWh por viaje.

✦ Los resultados obtenidos pudieran haber sido mejores si el vatímetro de medición hubiera sido de menor calibre, lo que conllevaría a disminuir los márgenes de error.



## RECOMENDACIONES

Al culminar el presente trabajo se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

➤ Realizar el diseño de una malla (análisis tiempo-movimiento) para el aprovechamiento de la energía regenerada para cada uno de subtramos, ya que actualmente la misma no se está aprovechando de manera óptima en el sistema, al ser devuelta en gran proporción al SIN.

➤ Al igual que en los diseños de automóviles híbridos, la energía regenerada pudiera ser almacenada en bancos de baterías que estén en el mismo tren, para luego ser usada durante los diferentes intervalos de tracción.

➤ El margen de error de los resultados del presente trabajo pueden ser mejorados, conectando un medidor de calidad de servicio. Además, con dicho instrumento se puede obtener información de la calidad de la señal, como es el contenido armónico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Tren Diesel Chile. Consultado el 22 de Junio de 2010.

<<http://www.trainweb.org/tdc/html/docs/7274.html>>

[2] Wikipedia. Consultado el 22 de Junio de 2010.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Freno\\_regenerativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Freno_regenerativo)

[3] Manual de Operación del tren-Kawasaki.

Material en versión digital facilitado por la unidad de Electrificación del IFE, en  
Noviembre del 2009.

## BIBLIOGRAFÍA

- Irwin, J. David. ANÁLISIS BÁSICO de CIRCUITOS en INGENIERÍA, 5 edición. PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.
  
- Chapman, Stephen J. MÁQUINAS ELÉCTRICAS, 4 edición. Mc Graw Hill.
  
- Hart, Daniel W. Electrónica de Potencia. PEARSON EDUCACIÓN, S.A., Madrid, 2001.
  
- Dawes, Chester L. TRATADO DE ELECTRICIDAD II, CORRIENTE ALTERNA. 5 edición. Gustavo Gili, S.A.

## Anexos

[ANEXO N° 1]  
[Protocolo de prueba]



**PROTOCOLO DE PRUEBAS CON UN TREN EN  
COMPOSICIÓN DOBLE ENTRE LA ESTACIÓN DE CARACAS  
Y LA ESTACIÓN DE CÚA.**

---

**Instituto de Ferrocarriles del Estado**  
Área de Servicios de Circulación Ferroviaria.

---

Charallave, 10/05/10

**1. OBJETIVO:**

El objetivo de la prueba consiste en **Cuantificar la Energía Producida por el Efecto del Frenado Regenerativo** de la unidad rodante en el tramo Caracas-Cúa.

**2. INICIO Y FIN DE PRUEBA:**

<b>INICIO</b>	<b>23:30h DEL 13/05/2010</b>
<b>FIN</b>	<b>03:30h DEL 14/05/2010</b>

**1. Alcance:**

La presente prueba se ha programado, con la circulación de un EMU de composición doble entre la estación Caracas y la estación Cúa y viceversa, efectuando las mediciones necesarias en panel principal de control y mando de electrificación de la Sub-Estación en Charallave Norte para cuantificar le energía regenerada.

**2. Requerimientos de Personal:**

- ✓ 1 encargado de prueba (**Daniel Díaz**-Jefe de Electrificación).
- ✓ 1 Jefe del CRT – Área de Regulación de Tráfico (**Víctor Mendoza**).
- ✓ 2 Técnicos del área de electrificación (**Pedro García** y **Isaac Cisneros**).
- ✓ 1 Personal de conducción requerido.
- ✓ 1 técnico del taller central de reparaciones (**Ángel Rivero**).
- ✓ 1 jefe de CTC (**Adrián Villalba**).

Pagina: 1 / 2

Elaborado:  
Smith Hurtado(Tesista-Electrificación)  
Unidad de Electrificación

Revisado  
ING. Franklin Galea  
Gerencia de  
Mantenimiento e Ingeniería.



## ***PROTOCOLO DE PRUEBAS CON UN TREN EN COMPOSICIÓN DOBLE ENTRE LA ESTACIÓN DE CARACAS Y LA ESTACIÓN DE CÚA.***

---

**Instituto de Ferrocarriles del Estado**  
Área de Servicios de Circulación Ferroviaria.

---

### **2.1 Requerimiento de Material y otros:**

- ✓ Una EMU de doble composición (11\13).
- ✓ Habilitar y activar los dispositivos necesarios para el establecimiento de los itinerarios desde el Mando Centralizado en CRT.
- ✓ Sacar de servicio, durante el periodo de prueba, el área de patios y talleres desde el panel principal de electrificación.
- ✓ Poner en cuenta de esta prueba al personal de estaciones y seguridad, a fin de contar con todo el apoyo posible para el buen desenvolvimiento de la misma.
- ✓ Material para comunicación desde la EMU a la Sub-Estación de Electrificación.

### **3. Pruebas:**

- Se despachará la unidad desde Patios a la hora estipulada, hacia la estación Cúa para subir a Caracas por cualquier vía (par o impar) y luego regresarse a la estación Cúa por cualquier vía (par o impar).
- Se Establecerá comunicación con personal que este dentro del material rodante para sincronizar y realizar las mediciones u pruebas con la ubicación de la EMU en vía.
- El conductor debe arrancar, el tren en la estación, a una hora especificada, para esto se deben sincronizar relojes con el registrador de eventos.
- El conductor manejará la EMU, tal cual como lo haría durante el servicio comercial y también deberá atender algunos requerimientos durante la prueba.
- El acompañante del conductor (Personal de electrificación) tomará nota de la hora de frenado y el tiempo de duración del mismo, con la colaboración del conductor.
- Desde el área de electrificación se le indicará al conductor donde y como aplicar el frenado.

[ANEXO N° 2]  
[Cúa-CHN (tracción)]

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh
1	0,7	0,3	0:20:32	0:20:34	2	0,17	0,19	51	1,8	1,4	0:22:00	0:22:01	1	0,39	0,4
2	0,8	0,4	0:20:34	0:20:35	1	0,11	0,17	52	2,1	1,7	0:22:01	0:22:01	0	0,00	0,0
3	1,1	0,7	0:20:35	0:20:35	0	0,00	0,00	53	2,4	2	0:22:01	0:22:02	1	0,56	0,6
4	1,4	1	0:20:35	0:20:36	1	0,28	0,33	54	2,7	2,3	0:22:02	0:22:03	1	0,64	0,7
5	1,8	1,4	0:20:36	0:20:37	1	0,39	0,44	55	2,9	2,5	0:22:03	0:22:03	0	0,00	0,0
6	2,1	1,7	0:20:37	0:20:37	0	0,00	0,00	56	3,2	2,8	0:22:03	0:22:04	1	0,78	0,8
7	2,4	2	0:20:37	0:20:38	1	0,56	0,61	57	3,5	3,1	0:22:04	0:22:05	1	0,86	0,9
8	2,7	2,3	0:20:38	0:20:39	1	0,64	0,69	58	3,8	3,4	0:22:05	0:22:06	1	0,94	1,0
9	3	2,6	0:20:39	0:20:40	1	0,72	0,78	59	4,1	3,7	0:22:06	0:22:06	0	0,00	0,0
10	2,9	2,5	0:20:40	0:20:40	0	0,00	0,00	60	4,3	3,9	0:22:06	0:22:07	1	1,08	1,1
11	2,8	2,4	0:20:40	0:20:41	1	0,67	0,72	61	4,6	4,2	0:22:07	0:22:08	1	1,17	1,2
12	3,2	2,8	0:20:41	0:20:42	1	0,78	0,83	62	4,9	4,5	0:22:08	0:22:09	1	1,25	1,3
13	2,7	2,3	0:20:43	0:20:44	1	0,64	0,69	63	5,2	4,8	0:22:09	0:22:09	0	0,00	0,0
14	1,9	1,5	0:20:44	0:20:45	1	0,42	0,47	64	5,4	5	0:22:09	0:22:10	1	1,39	1,4
15	1,2	0,8	0:20:45	0:20:45	0	0,00	0,00	65	5,6	5,2	0:22:10	0:22:11	1	1,44	1,5
16	0,9	0,5	0:20:45	0:20:46	1	0,14	0,19	66	5,9	5,5	0:22:11	0:22:11	0	0,00	0,0
17	0,8	0,4	0:20:46	0:20:49	3	0,33	0,28	67	6	5,6	0:22:11	0:22:12	1	1,56	1,6
18	0,6	0,2	0:20:49	0:20:50	1	0,06	0,11	68	5,8	5,4	0:22:12	0:22:13	1	1,50	1,6
19	0,4	0	0:20:50	0:20:50	0	0,00	0,00	69	5,5	5,1	0:22:13	0:22:14	1	1,42	1,5
20	0,7	0,3	0:20:50	0:21:00	10	0,83	0,64	70	5,3	4,9	0:22:14	0:22:14	0	0,00	0,0
21	0,8	0,4	0:21:00	0:21:01	1	0,11	0,17	71	5,1	4,7	0:22:14	0:22:15	1	1,31	1,4
22	1	0,6	0:21:01	0:21:02	1	0,17	0,22	72	4,9	4,5	0:22:15	0:22:16	1	1,25	1,3
23	1,8	1,4	0:21:02	0:21:03	1	0,39	0,44	73	4,8	4,4	0:22:16	0:22:19	3	3,67	1,4
24	2,1	1,7	0:21:03	0:21:03	0	0,00	0,00	74	4,7	4,3	0:22:19	0:22:20	1	1,19	1,3
25	1,4	1	0:21:03	0:21:04	1	0,28	0,33	75	4,6	4,2	0:22:20	0:22:21	1	1,17	1,2
26	1	0,6	0:21:04	0:21:05	1	0,17	0,22	76	4,5	4,1	0:22:21	0:22:22	1	1,14	1,2
27	0,9	0,5	0:21:05	0:21:05	0	0,00	0,00	77	4,4	4	0:22:22	0:22:24	2	2,22	1,2
28	0,8	0,4	0:21:05	0:21:08	3	0,33	0,28	78	4,3	3,9	0:22:24	0:22:26	2	2,17	1,2
29	1	0,6	0:21:08	0:21:09	1	0,17	0,22	79	4,2	3,8	0:22:26	0:22:27	1	1,06	1,1
30	1,9	1,5	0:21:09	0:21:10	1	0,42	0,47	80	4,1	3,7	0:22:27	0:22:29	2	2,06	1,1
31	2,4	2	0:21:10	0:21:10	0	0,00	0,00	81	4	3,6	0:22:29	0:22:33	4	4,00	1,2
32	2	1,6	0:21:10	0:21:11	1	0,44	0,50	82	3,9	3,5	0:22:33	0:22:36	3	2,92	1,1
33	1,2	0,8	0:21:11	0:21:12	1	0,22	0,28	83	3,8	3,4	0:22:36	0:22:41	5	4,72	1,2
34	0,9	0,5	0:21:12	0:21:13	1	0,14	0,19	84	3,7	3,3	0:22:41	0:22:46	5	4,58	1,2
35	0,8	0,4	0:21:13	0:21:15	2	0,22	0,22	85	3,6	3,2	0:22:46	0:22:53	7	6,22	1,3
36	1,3	0,9	0:21:15	0:21:16	1	0,25	0,31	86	3,5	3,1	0:22:53	0:22:59	6	5,17	1,2
37	2,2	1,8	0:21:16	0:21:17	1	0,50	0,56	87	3,4	3	0:22:59	0:23:07	8	6,67	1,3
38	2,4	2	0:21:17	0:21:18	1	0,56	0,61	88	3,3	2,9	0:23:07	0:23:20	13	10,47	1,5
39	1,7	1,3	0:21:18	0:21:18	0	0,00	0,00	89	3,2	2,8	0:23:20	0:23:26	6	4,67	1,1
40	1,1	0,7	0:21:18	0:21:19	1	0,19	0,25	90	3,1	2,7	0:23:26	0:23:31	5	3,75	1,0
41	0,9	0,5	0:21:19	0:21:20	1	0,14	0,19	91	3	2,6	0:23:31	0:23:39	8	5,78	1,2
42	0,8	0,4	0:21:20	0:21:27	7	0,78	0,50	92	2,9	2,5	0:23:39	0:23:48	9	6,25	1,2
43	0,7	0,3	0:21:27	0:21:29	2	0,17	0,19	93	2,8	2,4	0:23:48	0:23:49	1	0,67	0,7
44	0,6	0,2	0:21:34	0:21:35	1	0,06	0,11	94	2,9	2,5	0:23:49	0:23:51	2	1,39	0,8
45	0,7	0,3	0:21:35	0:21:56	21	1,75	1,25	95	2,8	2,4	0:23:51	0:23:55	4	2,67	0,9
46	0,8	0,4	0:21:56	0:21:57	1	0,11	0,17	96	2,9	2,5	0:23:55	0:24:03	8	5,56	1,1
47	0,9	0,5	0:21:57	0:21:58	1	0,14	0,19	97	3	2,6	0:24:03	0:24:08	5	3,61	1,0
48	1	0,6	0:21:58	0:21:59	1	0,17	0,22	98	2,9	2,5	0:24:08	0:24:10	2	1,39	0,8
49	1,3	0,9	0:21:59	0:21:59	0	0,00	0,00	99	3	2,6	0:24:10	0:24:13	3	2,17	0,9
50	1,6	1,2	0:21:59	0:22:00	1	0,33	0,39	100	2,9	2,5	0:24:13	0:24:14	1	0,69	0,8

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh
101	3	2,6	0:24:14	0:24:27	13	9,39	1,44	151	2,8	2,4	0:28:12	0:28:13	1	0,67	0,72
102	2,9	2,5	0:24:27	0:24:28	1	0,69	0,75	152	3	2,6	0:28:13	0:28:14	1	0,72	0,78
103	2,7	2,3	0:24:28	0:24:29	1	0,64	0,69	153	3,1	2,7	0:28:14	0:28:15	1	0,75	0,81
104	1,5	1,1	0:24:29	0:24:30	1	0,31	0,36	154	3	2,6	0:28:15	0:28:27	12	8,67	1,39
105	0,9	0,5	0:24:30	0:24:30	0	0,00	0,00	155	3,1	2,7	0:28:27	0:28:28	1	0,75	0,81
106	0,7	0,3	0:24:30	0:24:37	7	0,58	0,47	156	3	2,6	0:28:28	0:28:40	12	8,67	1,39
107	0,6	0,2	0:24:37	0:24:38	1	0,06	0,11	157	2,9	2,5	0:28:40	0:28:41	1	0,69	0,75
108	0,6	0,2	0:24:43	0:24:44	1	0,06	0,11	158	2,1	1,7	0:28:41	0:28:42	1	0,47	0,53
109	0,7	0,3	0:24:44	0:24:58	14	1,17	0,86	159	1,1	0,7	0:28:42	0:28:42	0	0,00	0,00
110	0,8	0,4	0:24:58	0:24:59	1	0,11	0,17	160	0,8	0,4	0:28:42	0:28:43	1	0,11	0,17
111	2	1,6	0:24:59	0:25:00	1	0,44	0,50	161	0,7	0,3	0:28:43	0:28:46	3	0,25	0,25
112	2,7	2,3	0:25:00	0:25:01	1	0,64	0,69	162	0,4	0	0:29:13	0:29:15	2	0,00	0,00
113	3	2,6	0:25:01	0:25:38	37	26,72	2,78	163	0,6	0,2	0:29:15	0:29:15	0	0,00	0,00
114	2,9	2,5	0:25:38	0:25:40	2	1,39	0,81	164	0,7	0,3	0:29:15	0:29:27	12	1,00	0,75
115	3	2,6	0:25:40	0:25:41	1	0,72	0,78	165	0,5	0,1	0:29:27	0:29:27	0	0,00	0,00
116	2,9	2,5	0:25:41	0:25:43	2	1,39	0,81	166	0,4	0	0:29:27	0:29:28	1	0,00	0,00
117	3	2,6	0:25:43	0:25:46	3	2,17	0,89	167	0,7	0,3	0:29:36	0:30:00	24	2,00	1,42
118	2,9	2,5	0:25:46	0:25:50	4	2,78	0,92	168	0,8	0,4	0:30:00	0:30:02	2	0,22	0,22
119	2,8	2,4	0:25:50	0:25:54	4	2,67	0,89	169	0,9	0,5	0:30:02	0:30:03	1	0,14	0,19
120	2,7	2,3	0:25:54	0:25:55	1	0,64	0,69	170	1,2	0,8	0:30:03	0:30:03	0	0,00	0,00
121	1,6	1,2	0:25:55	0:25:55	0	0,00	0,00	171	1,5	1,1	0:30:03	0:30:04	1	0,31	0,36
122	0,8	0,4	0:25:55	0:25:56	1	0,11	0,17	172	1,9	1,5	0:30:04	0:30:05	1	0,42	0,47
123	0,6	0,2	0:25:56	0:25:57	1	0,06	0,11	173	2,2	1,8	0:30:05	0:30:06	1	0,50	0,56
124	0,4	0	0:25:57	0:25:57	0	0,00	0,00	174	2,5	2,1	0:30:06	0:30:06	0	0,00	0,00
125	0,6	0,2	0:26:00	0:26:07	7	0,39	0,44	175	2,9	2,5	0:30:06	0:30:07	1	0,69	0,75
126	1,4	1	0:26:07	0:26:08	1	0,28	0,33	176	3,2	2,8	0:30:07	0:30:08	1	0,78	0,83
127	2,5	2,1	0:26:08	0:26:09	1	0,58	0,64	177	3,5	3,1	0:30:08	0:30:08	0	0,00	0,00
128	2,9	2,5	0:26:09	0:26:09	0	0,00	0,00	178	3,4	3	0:30:08	0:30:10	2	1,67	0,94
129	3	2,6	0:26:09	0:26:10	1	0,72	0,78	179	3,1	2,7	0:30:10	0:30:11	1	0,75	0,81
130	3,1	2,7	0:26:10	0:26:14	4	3,00	0,97	180	2,9	2,5	0:30:11	0:30:11	0	0,00	0,00
131	3	2,6	0:26:14	0:26:25	11	7,94	1,33	181	2,7	2,3	0:30:11	0:30:12	1	0,64	0,69
132	2,9	2,5	0:26:25	0:26:29	4	2,78	0,92	182	3	2,6	0:30:12	0:30:13	1	0,72	0,78
133	3	2,6	0:26:29	0:26:30	1	0,72	0,78	183	4,2	3,8	0:30:13	0:30:13	0	0,00	0,00
134	2,9	2,5	0:26:30	0:26:44	14	9,72	1,47	184	5,1	4,7	0:30:13	0:30:14	1	1,31	1,36
135	1,8	1,4	0:26:44	0:26:44	0	0,00	0,00	185	5,5	5,1	0:30:14	0:30:15	1	1,42	1,47
136	1	0,6	0:26:44	0:26:45	1	0,17	0,22	186	5,9	5,5	0:30:15	0:30:16	1	1,53	1,58
137	0,7	0,3	0:26:45	0:26:46	1	0,08	0,14	187	5	4,6	0:30:16	0:30:17	1	1,28	1,33
138	0,6	0,2	0:26:46	0:26:54	8	0,44	0,50	188	3,4	3	0:30:17	0:30:18	1	0,83	0,89
139	0,7	0,3	0:26:54	0:26:57	3	0,25	0,25	189	2,3	1,9	0:30:18	0:30:18	0	0,00	0,00
140	0,5	0,1	0:27:09	0:27:09	0	0,00	0,00	190	2	1,6	0:30:18	0:30:19	1	0,44	0,50
141	0,6	0,2	0:27:09	0:27:11	2	0,11	0,17	191	2,8	2,4	0:30:19	0:30:20	1	0,67	0,72
142	0,7	0,3	0:27:11	0:27:15	4	0,33	0,31	192	4,1	3,7	0:30:20	0:30:21	1	1,03	1,08
143	0,6	0,2	0:27:25	0:27:27	2	0,11	0,17	193	4,5	4,1	0:30:21	0:30:21	0	0,00	0,00
144	0,7	0,3	0:27:27	0:27:45	18	1,50	1,08	194	3,5	3,1	0:30:21	0:30:22	1	0,86	0,92
145	0,6	0,2	0:27:53	0:27:53	0	0,00	0,00	195	2,3	1,9	0:30:22	0:30:23	1	0,53	0,58
146	0,7	0,3	0:27:53	0:28:10	17	1,42	1,03	196	1,9	1,5	0:30:23	0:30:24	1	0,42	0,47
147	0,6	0,2	0:28:10	0:28:10	0	0,00	0,00	197	1,7	1,3	0:30:24	0:30:33	9	3,25	0,86
148	1	0,6	0:28:10	0:28:11	1	0,17	0,22	198	2,3	1,9	0:30:33	0:30:33	0	0,00	0,00
149	1,3	0,9	0:28:11	0:28:12	1	0,25	0,31	199	3,5	3,1	0:30:33	0:30:34	1	0,86	0,92
150	2,3	1,9	0:28:12	0:28:12	0	0,00	0,00	200	2,7	2,3	0:30:34	0:30:35	1	0,64	0,69



	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh
201	2	1,6	0:30:35	0:30:35	0	0,00	0,00	251	0,4	0	0:33:09	0:33:10	1	0,00	0,00
202	1,8	1,4	0:30:35	0:30:36	1	0,39	0,44	252	0,7	0,3	0:33:10	0:33:12	2	0,17	0,19
203	1,7	1,3	0:30:36	0:30:38	2	0,72	0,47	253	1,2	0,8	0:33:12	0:33:13	1	0,22	0,28
204	2	1,6	0:30:38	0:30:38	0	0,00	0,00	254	2,2	1,8	0:33:13	0:33:14	1	0,50	0,56
205	3,7	3,3	0:30:38	0:30:39	1	0,92	0,97	255	3,6	3,2	0:33:14	0:33:14	0	0,00	0,00
206	5,3	4,9	0:30:39	0:30:40	1	1,36	1,42	256	3,9	3,5	0:33:14	0:33:15	1	0,97	1,03
207	5,9	5,5	0:30:40	0:30:40	0	0,00	0,00	257	3,7	3,3	0:33:15	0:33:16	1	0,92	0,97
208	6,1	5,7	0:30:40	0:30:45	5	7,92	1,86	258	4,5	4,1	0:33:16	0:33:17	1	1,14	1,19
209	6	5,6	0:30:45	0:30:46	1	1,56	1,61	259	4,3	3,9	0:33:17	0:33:17	0	0,00	0,00
210	6,1	5,7	0:30:46	0:30:48	2	3,17	1,69	260	3,1	2,7	0:33:17	0:33:18	1	0,75	0,81
211	6	5,6	0:30:48	0:30:48	0	0,00	0,00	261	2,4	2	0:33:18	0:33:19	1	0,56	0,61
212	5,9	5,5	0:30:48	0:30:49	1	1,53	1,58	262	2,1	1,7	0:33:19	0:33:19	0	0,00	0,00
213	5,8	5,4	0:30:49	0:30:50	1	1,50	1,56	263	2	1,6	0:33:19	0:33:22	3	1,33	0,61
214	5,7	5,3	0:30:50	0:30:51	1	1,47	1,53	264	2,5	2,1	0:33:22	0:33:22	0	0,00	0,00
215	5,6	5,2	0:30:51	0:30:53	2	2,89	1,56	265	4	3,6	0:33:22	0:33:23	1	1,00	1,06
216	5,5	5,1	0:30:53	0:30:54	1	1,42	1,47	266	5,3	4,9	0:33:23	0:33:24	1	1,36	1,42
217	5,4	5	0:30:54	0:30:56	2	2,78	1,50	267	5,1	4,7	0:33:24	0:33:25	1	1,31	1,36
218	5,3	4,9	0:30:56	0:30:58	2	2,72	1,47	268	3,6	3,2	0:33:25	0:33:25	0	0,00	0,00
219	5,2	4,8	0:30:58	0:31:00	2	2,67	1,44	269	2,4	2	0:33:25	0:33:26	1	0,56	0,61
220	5,1	4,7	0:31:00	0:31:03	3	3,92	1,47	270	2	1,6	0:33:26	0:33:27	1	0,44	0,50
221	5	4,6	0:31:03	0:31:06	3	3,83	1,44	271	1,8	1,4	0:33:27	0:33:41	14	5,44	1,17
222	4,9	4,5	0:31:06	0:31:08	2	2,50	1,36	272	1,7	1,3	0:33:41	0:33:44	3	1,08	0,53
223	4,8	4,4	0:31:08	0:31:13	5	6,11	1,50	273	1,6	1,2	0:33:44	0:33:44	0	0,00	0,00
224	4,7	4,3	0:31:13	0:31:16	3	3,58	1,36	274	1,1	0,7	0:33:44	0:33:45	1	0,19	0,25
225	4,6	4,2	0:31:16	0:31:25	9	10,50	1,67	275	0,8	0,4	0:33:45	0:33:46	1	0,11	0,17
226	4,4	4	0:31:25	0:31:26	1	1,11	1,17	276	0,7	0,3	0:33:46	0:33:48	2	0,17	0,19
227	4,1	3,7	0:31:26	0:31:26	0	0,00	0,00	277	0,6	0,2	0:33:48	0:33:49	1	0,06	0,11
228	3,9	3,5	0:31:26	0:31:27	1	0,97	1,03	278	0,4	0	0:34:01	0:34:02	1	0,00	0,00
229	3,7	3,3	0:31:27	0:31:28	1	0,92	0,97	279	0,7	0,3	0:34:02	0:34:06	4	0,33	0,31
230	3,6	3,2	0:31:28	0:31:28	0	0,00	0,00	280	0,8	0,4	0:34:06	0:34:07	1	0,11	0,17
231	3,5	3,1	0:31:28	0:31:31	3	2,58	1,03	281	0,9	0,5	0:34:07	0:34:07	0	0,00	0,00
232	3,6	3,2	0:31:31	0:31:33	2	1,78	1,00	282	1,7	1,3	0:34:07	0:34:08	1	0,36	0,42
233	3,5	3,1	0:31:33	0:31:34	1	0,86	0,92	283	2	1,6	0:34:08	0:34:09	1	0,44	0,50
234	3,6	3,2	0:31:34	0:31:36	2	1,78	1,00	284	1,4	1	0:34:09	0:34:10	1	0,28	0,33
235	3,5	3,1	0:31:36	0:31:37	1	0,86	0,92	285	1	0,6	0:34:10	0:34:10	0	0,00	0,00
236	3,6	3,2	0:31:37	0:31:41	4	3,56	1,11	286	0,8	0,4	0:34:10	0:34:14	4	0,44	0,33
237	3,5	3,1	0:31:41	0:31:56	15	12,92	1,69	287	1,2	0,8	0:34:14	0:34:14	0	0,00	0,00
238	3,6	3,2	0:31:56	0:31:57	1	0,89	0,94	288	2,1	1,7	0:34:14	0:34:15	1	0,47	0,53
239	3,7	3,3	0:31:57	0:32:18	21	19,25	2,08	289	2,4	2	0:34:15	0:34:16	1	0,56	0,61
240	3,6	3,2	0:32:18	0:32:19	1	0,89	0,94	290	1,7	1,3	0:34:16	0:34:17	1	0,36	0,42
241	3,7	3,3	0:32:19	0:32:22	3	2,75	1,08	291	1,1	0,7	0:34:17	0:34:18	1	0,19	0,25
242	3,6	3,2	0:32:22	0:32:23	1	0,89	0,94	292	0,9	0,5	0:34:18	0:34:18	0	0,00	0,00
243	3,7	3,3	0:32:23	0:32:34	11	10,08	1,53	293	0,8	0,4	0:34:18	0:34:22	4	0,44	0,33
244	3,6	3,2	0:32:34	0:32:35	1	0,89	0,94	294	1,3	0,9	0:34:22	0:34:23	1	0,25	0,31
245	3,7	3,3	0:32:35	0:32:39	4	3,67	1,14	295	2,1	1,7	0:34:23	0:34:24	1	0,47	0,53
246	3,6	3,2	0:32:39	0:32:43	4	3,56	1,11	296	1,7	1,3	0:34:24	0:34:25	1	0,36	0,42
247	3,7	3,3	0:32:43	0:32:44	1	0,92	0,97	297	1,1	0,7	0:34:25	0:34:25	0	0,00	0,00
248	1,5	1,1	0:32:44	0:32:45	1	0,31	0,36	298	0,9	0,5	0:34:25	0:34:26	1	0,14	0,19
249	0,8	0,4	0:32:45	0:32:46	1	0,11	0,17	299	0,8	0,4	0:34:26	0:34:31	5	0,56	0,39
250	0,7	0,3	0:32:46	0:32:48	2	0,17	0,19	300	0,5	0,1	0:34:31	0:34:32	1	0,03	0,08
								301	0,4	0	0:34:38	0:34:40	2	0,00	0,00
								302	0,4	0	0:34:41	0:34:42	1	0,00	0,00
								303	0,7	0,3	0:34:42	0:34:44	2	0,17	0,19

EtrT kWh	ΔEtrT kWh	
420,17	194,72	46%

MPT (MW)	MTT (seg)	MoPC (MW)
5,7	37	0,3

[ANEXO N° 3]  
[CHN-Caracas (Regeneración)]

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh
1	-0,3	0,7	0:45:43	0:45:44	1	0,19	0,25	51	-2,8	3,2	0:51:52	0:51:52	0	0,00	0,00
2	-0,5	0,9	0:45:44	0:45:46	2	0,50	0,36	52	-2,6	3	0:51:52	0:51:53	1	0,83	0,89
3	-1,4	1,8	0:45:46	0:45:47	1	0,50	0,56	53	-2,1	2,5	0:51:53	0:51:54	1	0,69	0,75
4	-1,5	1,9	0:45:47	0:45:48	1	0,53	0,58	54	-1,8	2,2	0:51:54	0:51:55	1	0,61	0,67
5	-1,4	1,8	0:45:48	0:45:48	0	0,00	0,00	55	-2,5	2,9	0:51:55	0:51:56	1	0,81	0,86
6	-1,3	1,7	0:45:48	0:45:49	1	0,47	0,53	56	-3	3,4	0:51:56	0:51:57	1	0,94	1,00
7	-1,2	1,6	0:45:49	0:45:50	1	0,44	0,50	57	-2,5	2,9	0:51:57	0:51:57	0	0,00	0,00
8	-1,9	2,3	0:45:50	0:45:51	1	0,64	0,69	58	-1,5	1,9	0:51:57	0:51:58	1	0,53	0,58
9	-2	2,4	0:45:51	0:45:53	2	1,33	0,78	59	-0,8	1,2	0:51:58	0:51:59	1	0,33	0,39
10	-2,4	2,8	0:45:53	0:45:53	0	0,00	0,00	60	-0,7	1,1	0:51:59	0:52:00	1	0,31	0,36
11	-2,7	3,1	0:45:53	0:45:54	1	0,86	0,92	61	-0,1	0,5	0:52:00	0:52:00	0	0,00	0,00
12	-2,2	2,6	0:45:54	0:45:55	1	0,72	0,78	62	0,2	0,2	0:52:00	0:52:04	4	0,22	0,28
13	-1,7	2,1	0:45:55	0:45:55	0	0,00	0,00	63	0,3	0,1	0:52:04	0:52:07	3	0,08	0,19
14	-1,5	1,9	0:45:55	0:45:56	1	0,53	0,58	64	0,3	0,1	0:52:27	0:52:36	9	0,25	0,53
15	-1,4	1,8	0:45:56	0:45:57	1	0,50	0,56	65	0,3	0,1	0:53:05	0:53:07	2	0,06	0,14
16	-0,8	1,2	0:45:57	0:45:58	1	0,33	0,39	66	0,1	0,3	0:53:10	0:53:13	3	0,25	0,25
17	0,2	0,2	0:45:58	0:45:58	0	0,00	0,00	67	0,2	0,2	0:53:13	0:53:13	0	0,00	0,00
18	-0,1	0,5	0:50:09	0:50:09	0	0,00	0,00	68	0	0,4	0:53:13	0:53:15	2	0,22	0,22
19	-0,5	0,9	0:50:09	0:50:12	3	0,75	0,42	69	0,1	0,3	0:53:15	0:53:17	2	0,17	0,19
20	-0,4	0,8	0:50:12	0:50:15	3	0,67	0,39	70	0,2	0,2	0:53:17	0:53:17	0	0,00	0,00
21	-1	1,4	0:50:15	0:50:15	0	0,00	0,00	71	0,3	0,1	0:53:17	0:53:18	1	0,03	0,08
22	-1,4	1,8	0:50:15	0:50:17	2	1,00	0,61								
23	-1,3	1,7	0:50:17	0:50:19	2	0,94	0,58								
24	-1,2	1,6	0:50:19	0:50:21	2	0,89	0,56								
25	-1,1	1,5	0:50:21	0:50:22	1	0,42	0,47								
26	-1	1,4	0:50:22	0:50:22	0	0,00	0,00								
27	-0,9	1,3	0:50:22	0:50:24	2	0,72	0,47								
28	-0,7	1,1	0:50:24	0:50:24	0	0,00	0,00								
29	0	0,4	0:50:24	0:50:25	1	0,11	0,17								
30	0,3	0,1	0:50:25	0:50:26	1	0,03	0,08								
31	-0,1	0,5	0:51:35	0:51:35	0	0,00	0,00								
32	-0,4	0,8	0:51:35	0:51:36	1	0,22	0,28								
33	-0,8	1,2	0:51:36	0:51:37	1	0,33	0,39								
34	-1,6	2	0:51:37	0:51:37	0	0,00	0,00								
35	-1,5	1,9	0:51:37	0:51:38	1	0,53	0,58								
36	-1,4	1,8	0:51:38	0:51:39	1	0,50	0,56								
37	-2	2,4	0:51:39	0:51:40	1	0,67	0,72								
38	-2,3	2,7	0:51:40	0:51:41	1	0,75	0,81								
39	-2,7	3,1	0:51:41	0:51:42	1	0,86	0,92								
40	-3,1	3,5	0:51:42	0:51:43	1	0,97	1,03								
41	-3	3,4	0:51:43	0:51:45	2	1,89	1,06								
42	-2,9	3,3	0:51:45	0:51:45	0	0,00	0,00								
43	-2,8	3,2	0:51:45	0:51:47	2	1,78	1,00								
44	-2,7	3,1	0:51:47	0:51:47	0	0,00	0,00								
45	-3,1	3,5	0:51:47	0:51:48	1	0,97	1,03								
46	-3,3	3,7	0:51:48	0:51:49	1	1,03	1,08								
47	-3,1	3,5	0:51:49	0:51:49	0	0,00	0,00								
48	-3	3,4	0:51:49	0:51:50	1	0,94	1,00								
49	-3,3	3,7	0:51:50	0:51:51	1	1,03	1,08								
50	-3,4	3,8	0:51:51	0:51:52	1	1,06	1,11								

Ert(KWh)	ΔErt(KWh)	
32,94	31,25	95%

MPR (MW)	MTR (seg)	MoPC (MW)	RelGT	ΔRelGT
3,8	9	1,8	3,87%	0,05

[ANEXO N° 4]  
[CHN-Caracas (Tracción)]

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh
1	0,7	0,3	0:35:06	0:35:08	2	0,17	0,19	51	3,9	3,5	0:36:05	0:36:06	1	0,97	1,03
2	0,8	0,4	0:35:08	0:35:09	1	0,11	0,17	52	2,1	1,7	0:36:06	0:36:07	1	0,47	0,53
3	1	0,6	0:35:09	0:35:10	1	0,17	0,22	53	1	0,6	0:36:07	0:36:08	1	0,17	0,22
4	1,4	1	0:35:10	0:35:10	0	0,00	0,00	54	0,5	0,1	0:36:08	0:36:11	3	0,08	0,19
5	1,7	1,3	0:35:10	0:35:11	1	0,36	0,42	55	0,5	0,1	0:36:22	0:36:23	1	0,03	0,08
6	2,1	1,7	0:35:11	0:35:12	1	0,47	0,53	56	0,6	0,2	0:36:23	0:36:23	0	0,00	0,00
7	2,3	1,9	0:35:12	0:35:12	0	0,00	0,00	57	0,5	0,1	0:36:23	0:36:24	1	0,03	0,08
8	2,6	2,2	0:35:12	0:35:13	1	0,61	0,67	58	0,7	0,3	0:36:24	0:36:26	2	0,17	0,19
9	2,9	2,5	0:35:13	0:35:14	1	0,69	0,75	59	0,6	0,2	0:36:26	0:36:27	1	0,06	0,11
10	3,2	2,8	0:35:14	0:35:15	1	0,78	0,83	60	0,7	0,3	0:36:27	0:36:28	1	0,08	0,14
11	3,4	3	0:35:15	0:35:15	0	0,00	0,00	61	1,7	1,3	0:36:28	0:36:28	0	0,00	0,00
12	3,5	3,1	0:35:15	0:35:16	1	0,86	0,92	62	3,2	2,8	0:36:28	0:36:29	1	0,78	0,83
13	3,3	2,9	0:35:16	0:35:17	1	0,81	0,86	63	4,7	4,3	0:36:29	0:36:30	1	1,19	1,25
14	3	2,6	0:35:17	0:35:17	0	0,00	0,00	64	5,3	4,9	0:36:30	0:36:31	1	1,36	1,42
15	2,8	2,4	0:35:17	0:35:18	1	0,67	0,72	65	5,5	5,1	0:36:31	0:36:32	1	1,42	1,47
16	2,7	2,3	0:35:18	0:35:19	1	0,64	0,69	66	5,6	5,2	0:36:32	0:36:33	1	1,44	1,50
17	2,6	2,2	0:35:19	0:35:20	1	0,61	0,67	67	5,7	5,3	0:36:33	0:36:34	1	1,47	1,53
18	2,5	2,1	0:35:20	0:35:20	0	0,00	0,00	68	5,8	5,4	0:36:34	0:36:35	1	1,50	1,56
19	2,4	2	0:35:20	0:35:21	1	0,56	0,61	69	5,9	5,5	0:36:35	0:36:36	1	1,53	1,58
20	2,3	1,9	0:35:21	0:35:23	2	1,06	0,64	70	6	5,6	0:36:36	0:36:38	2	3,11	1,67
21	2,9	2,5	0:35:23	0:35:24	1	0,69	0,75	71	6,1	5,7	0:36:38	0:36:47	9	14,25	2,08
22	3,7	3,3	0:35:24	0:35:25	1	0,92	0,97	72	6	5,6	0:36:47	0:36:48	1	1,56	1,61
23	3,1	2,7	0:35:25	0:35:25	0	0,00	0,00	73	5,9	5,5	0:36:48	0:36:49	1	1,53	1,58
24	2,4	2	0:35:25	0:35:26	1	0,56	0,61	74	5,8	5,4	0:36:49	0:36:51	2	3,00	1,61
25	2,1	1,7	0:35:26	0:35:27	1	0,47	0,53	75	5,7	5,3	0:36:51	0:36:52	1	1,47	1,53
26	2	1,6	0:35:27	0:35:28	1	0,44	0,50	76	5,6	5,2	0:36:52	0:36:53	1	1,44	1,50
27	1,8	1,4	0:35:28	0:35:29	1	0,39	0,44	77	5,5	5,1	0:36:53	0:36:56	3	4,25	1,58
28	1,1	0,7	0:35:29	0:35:29	0	0,00	0,00	78	5,4	5	0:36:56	0:36:57	1	1,39	1,44
29	0,9	0,5	0:35:29	0:35:31	2	0,28	0,25	79	5,3	4,9	0:36:57	0:37:00	3	4,08	1,53
30	0,8	0,4	0:35:31	0:35:36	5	0,56	0,39	80	5,2	4,8	0:37:00	0:37:02	2	2,67	1,44
31	1,3	0,9	0:35:36	0:35:37	1	0,25	0,31	81	5,1	4,7	0:37:02	0:37:05	3	3,92	1,47
32	1,8	1,4	0:35:37	0:35:37	0	0,00	0,00	82	5	4,6	0:37:05	0:37:08	3	3,83	1,44
33	2	1,6	0:35:37	0:35:42	5	2,22	0,72	83	4,9	4,5	0:37:08	0:37:11	3	3,75	1,42
34	1,6	1,2	0:35:42	0:35:43	1	0,33	0,39	84	4,8	4,4	0:37:11	0:37:15	4	4,89	1,44
35	1,1	0,7	0:35:43	0:35:43	0	0,00	0,00	85	4,7	4,3	0:37:15	0:37:21	6	7,17	1,53
36	0,8	0,4	0:35:43	0:35:48	5	0,56	0,39	86	4,6	4,2	0:37:21	0:37:25	4	4,67	1,39
37	1,2	0,8	0:35:48	0:35:48	0	0,00	0,00	87	4,4	4	0:37:25	0:37:26	1	1,11	1,17
38	1,8	1,4	0:35:48	0:35:49	1	0,39	0,44	88	4,1	3,7	0:37:26	0:37:26	0	0,00	0,00
39	2	1,6	0:35:49	0:35:50	1	0,44	0,50	89	3,8	3,4	0:37:26	0:37:27	1	0,94	1,00
40	2,1	1,7	0:35:50	0:35:54	4	1,89	0,69	90	3,6	3,2	0:37:27	0:37:28	1	0,89	0,94
41	2	1,6	0:35:54	0:35:59	5	2,22	0,72	91	3,5	3,1	0:37:28	0:37:32	4	3,44	1,08
42	2,5	2,1	0:35:59	0:36:00	1	0,58	0,64	92	3,6	3,2	0:37:32	0:37:36	4	3,56	1,11
43	4,1	3,7	0:36:00	0:36:00	0	0,00	0,00	93	3,5	3,1	0:37:36	0:37:42	6	5,17	1,19
44	5,3	4,9	0:36:00	0:36:01	1	1,36	1,42	94	3,7	3,3	0:37:42	0:37:42	0	0,00	0,00
45	5,5	5,1	0:36:01	0:36:02	1	1,42	1,47	95	3,6	3,2	0:37:42	0:37:44	2	1,78	1,00
46	5,4	5	0:36:02	0:36:03	1	1,39	1,44	96	3,7	3,3	0:37:44	0:37:46	2	1,83	1,03
47	5,3	4,9	0:36:03	0:36:03	0	0,00	0,00	97	3,6	3,2	0:37:46	0:37:55	9	8,00	1,39
48	5,1	4,7	0:36:03	0:36:04	1	1,31	1,36	98	3,7	3,3	0:37:55	0:37:56	1	0,92	0,97
49	4,9	4,5	0:36:04	0:36:05	1	1,25	1,31	99	3,6	3,2	0:37:56	0:38:10	14	12,44	1,67
50	4,8	4,4	0:36:05	0:36:05	0	0,00	0,00	100	3,7	3,3	0:38:10	0:38:11	1	0,92	0,97

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh
101	3,6	3,2	0:38:11	0:38:14	3	2,67	1,06	151	3,6	3,2	0:41:34	0:41:43	9	8,00	1,39
102	3,7	3,3	0:38:14	0:38:16	2	1,83	1,03	152	3,5	3,1	0:41:43	0:41:47	4	3,44	1,08
103	3,6	3,2	0:38:16	0:38:23	7	6,22	1,28	153	3,4	3	0:41:47	0:41:51	4	3,33	1,06
104	3,5	3,1	0:38:23	0:38:24	1	0,86	0,92	154	3,5	3,1	0:41:51	0:41:56	5	4,31	1,14
105	3,6	3,2	0:38:24	0:38:37	13	11,56	1,61	155	3,6	3,2	0:41:56	0:42:21	25	22,22	2,28
106	3,7	3,3	0:38:37	0:38:39	2	1,83	1,03	156	3,5	3,1	0:42:21	0:42:29	8	6,89	1,31
107	3,8	3,4	0:38:39	0:38:48	9	8,50	1,44	157	3,6	3,2	0:42:29	0:42:33	4	3,56	1,11
108	3,7	3,3	0:38:48	0:38:50	2	1,83	1,03	158	3,7	3,3	0:42:33	0:42:56	23	21,08	2,19
109	3,8	3,4	0:38:50	0:38:52	2	1,89	1,06	159	3,6	3,2	0:42:56	0:43:01	5	4,44	1,17
110	3,7	3,3	0:38:52	0:39:07	15	13,75	1,75	160	3,7	3,3	0:43:01	0:43:03	2	1,83	1,03
111	3,6	3,2	0:39:07	0:39:08	1	0,89	0,94	161	3,6	3,2	0:43:03	0:43:04	1	0,89	0,94
112	3,7	3,3	0:39:08	0:39:10	2	1,83	1,03	162	3,5	3,1	0:43:04	0:43:06	2	1,72	0,97
113	3,6	3,2	0:39:10	0:39:25	15	13,33	1,72	163	3,6	3,2	0:43:06	0:43:08	2	1,78	1,00
114	3,7	3,3	0:39:25	0:39:27	2	1,83	1,03	164	3,7	3,3	0:43:08	0:43:20	12	11,00	1,58
115	3,6	3,2	0:39:27	0:39:29	2	1,78	1,00	165	3,8	3,4	0:43:20	0:43:27	7	6,61	1,33
116	3,7	3,3	0:39:29	0:39:31	2	1,83	1,03	166	3,7	3,3	0:43:27	0:43:43	16	14,67	1,81
117	3,6	3,2	0:39:31	0:39:39	8	7,11	1,33	167	3,6	3,2	0:43:43	0:43:51	8	7,11	1,33
118	3,7	3,3	0:39:39	0:39:49	10	9,17	1,47	168	3,7	3,3	0:43:51	0:43:57	6	5,50	1,25
119	3,8	3,4	0:39:49	0:39:51	2	1,89	1,06	169	3,8	3,4	0:43:57	0:43:59	2	1,89	1,06
120	3,7	3,3	0:39:51	0:39:58	7	6,42	1,31	170	3,7	3,3	0:43:59	0:44:00	1	0,92	0,97
121	3,6	3,2	0:39:58	0:40:00	2	1,78	1,00	171	3,6	3,2	0:44:00	0:44:07	7	6,22	1,28
122	3,7	3,3	0:40:00	0:40:03	3	2,75	1,08	172	3,7	3,3	0:44:07	0:44:09	2	1,83	1,03
123	3,6	3,2	0:40:03	0:40:04	1	0,89	0,94	173	3,6	3,2	0:44:09	0:44:13	4	3,56	1,11
124	3,7	3,3	0:40:04	0:40:06	2	1,83	1,03	174	3,7	3,3	0:44:13	0:44:15	2	1,83	1,03
125	3,6	3,2	0:40:06	0:40:20	14	12,44	1,67	175	3,8	3,4	0:44:15	0:44:25	10	9,44	1,50
126	3,5	3,1	0:40:20	0:40:21	1	0,86	0,92	176	3,7	3,3	0:44:25	0:44:27	2	1,83	1,03
127	3,6	3,2	0:40:21	0:40:22	1	0,89	0,94	177	3,6	3,2	0:44:27	0:44:28	1	0,89	0,94
128	3,7	3,3	0:40:22	0:40:23	1	0,92	0,97	178	3,7	3,3	0:44:28	0:44:30	2	1,83	1,03
129	3,8	3,4	0:40:23	0:40:24	1	0,94	1,00	179	3,6	3,2	0:44:30	0:44:33	3	2,67	1,06
130	3,7	3,3	0:40:24	0:40:26	2	1,83	1,03	180	3,7	3,3	0:44:33	0:44:37	4	3,67	1,14
131	3,8	3,4	0:40:26	0:40:27	1	0,94	1,00	181	3,8	3,4	0:44:37	0:44:50	13	12,28	1,67
132	3,9	3,5	0:40:27	0:40:30	3	2,92	1,14	182	3,7	3,3	0:44:50	0:44:55	5	4,58	1,19
133	3,8	3,4	0:40:30	0:40:30	0	0,00	0,00	183	3,6	3,2	0:44:55	0:44:59	4	3,56	1,11
134	3,9	3,5	0:40:30	0:40:32	2	1,94	1,08	184	3,7	3,3	0:44:59	0:45:02	3	2,75	1,08
135	3,8	3,4	0:40:32	0:40:33	1	0,94	1,00	185	3,6	3,2	0:45:02	0:45:03	1	0,89	0,94
136	3,9	3,5	0:40:33	0:40:39	6	5,83	1,31	186	3,7	3,3	0:45:03	0:45:08	5	4,58	1,19
137	3,8	3,4	0:40:39	0:40:44	5	4,72	1,22	187	3,6	3,2	0:45:08	0:45:13	5	4,44	1,17
138	3,9	3,5	0:40:44	0:40:45	1	0,97	1,03	188	3,7	3,3	0:45:13	0:45:18	5	4,58	1,19
139	3,8	3,4	0:40:45	0:40:48	3	2,83	1,11	189	3,6	3,2	0:45:18	0:45:28	10	8,89	1,44
140	3,9	3,5	0:40:48	0:40:49	1	0,97	1,03	190	3,7	3,3	0:45:28	0:45:30	2	1,83	1,03
141	3,8	3,4	0:40:49	0:40:59	10	9,44	1,50	191	3,6	3,2	0:45:30	0:45:39	9	8,00	1,39
142	3,7	3,3	0:40:59	0:41:11	12	11,00	1,58	192	3,7	3,3	0:45:39	0:45:41	2	1,83	1,03
143	3,8	3,4	0:41:11	0:41:13	2	1,89	1,06	193	3,3	2,9	0:45:41	0:45:41	0	0,00	0,00
144	3,7	3,3	0:41:13	0:41:15	2	1,83	1,03	194	1,7	1,3	0:45:41	0:45:42	1	0,36	0,42
145	3,8	3,4	0:41:15	0:41:15	0	0,00	0,00	195	0,9	0,5	0:45:42	0:45:43	1	0,14	0,19
146	3,7	3,3	0:41:15	0:41:16	1	0,92	0,97	196	0,7	0,3	0:45:43	0:45:44	1	0,08	0,14
147	3,6	3,2	0:41:16	0:41:18	2	1,78	1,00	197	0,7	0,3	0:45:58	0:46:03	5	0,42	0,36
148	3,7	3,3	0:41:18	0:41:19	1	0,92	0,97	198	1,2	0,8	0:46:03	0:46:04	1	0,22	0,28
149	3,6	3,2	0:41:19	0:41:26	7	6,22	1,28	199	1,4	1	0:46:04	0:46:04	0	0,00	0,00
150	3,7	3,3	0:41:26	0:41:34	8	7,33	1,36	200	2,6	2,2	0:46:04	0:46:05	1	0,61	0,67

	PTn	PCn	tn	tn+1	Δt1	Etr	ΔEtr		PTn	PCn	tn	tn+1	Δt1	Etr	ΔEtr
	MW	MW			seg	kWh	kWh		MW	MW			seg	kWh	kWh
201	3,9	3,5	0:46:05	0:46:06	1	0,97	1,03	251	3,6	3,2	0:50:06	0:50:06	0	0,00	0,00
202	4,5	4,1	0:46:06	0:46:09	3	3,42	1,31	252	2,1	1,7	0:50:06	0:50:07	1	0,47	0,53
203	4,4	4	0:46:09	0:46:10	1	1,11	1,17	253	1	0,6	0:50:07	0:50:08	1	0,17	0,22
204	3,5	3,1	0:46:10	0:46:10	0	0,00	0,00	254	0,8	0,4	0:50:08	0:50:09	1	0,11	0,17
205	2,3	1,9	0:46:10	0:46:11	1	0,53	0,58	255	0,7	0,3	0:50:26	0:50:29	3	0,25	0,25
206	1,8	1,4	0:46:11	0:46:13	2	0,78	0,50	256	0,9	0,5	0:50:29	0:50:30	1	0,14	0,19
207	3,1	2,7	0:46:13	0:46:13	0	0,00	0,00	257	1,4	1	0:50:30	0:50:31	1	0,28	0,33
208	4	3,6	0:46:13	0:46:14	1	1,00	1,06	258	1,6	1,2	0:50:31	0:50:32	1	0,33	0,39
209	4,2	3,8	0:46:14	0:46:15	1	1,06	1,11	259	1,7	1,3	0:50:32	0:50:32	0	0,00	0,00
210	4,3	3,9	0:46:15	0:46:16	1	1,08	1,14	260	2,3	1,9	0:50:32	0:50:33	1	0,53	0,58
211	4,2	3,8	0:46:16	0:46:18	2	2,11	1,17	261	3,7	3,3	0:50:33	0:50:34	1	0,92	0,97
212	4,8	4,4	0:46:18	0:46:18	0	0,00	0,00	262	3,6	3,2	0:50:34	0:50:34	0	0,00	0,89
213	5,7	5,3	0:46:18	0:46:19	1	1,47	1,53	263	2,1	1,7	0:50:34	0:50:35	1	0,47	0,53
214	6	5,6	0:46:19	0:46:20	1	1,56	1,61	264	1,2	0,8	0:50:35	0:50:36	1	0,22	0,28
215	6,1	5,7	0:46:20	0:46:24	4	6,33	1,81	265	0,8	0,4	0:50:36	0:50:39	3	0,33	0,28
216	6	5,6	0:46:24	0:46:26	2	3,11	1,67	266	1,2	0,8	0:50:39	0:50:39	0	0,00	0,00
217	5,9	5,5	0:46:26	0:46:27	1	1,53	1,58	267	1,6	1,2	0:50:39	0:50:40	1	0,33	0,39
218	5,8	5,4	0:46:27	0:46:28	1	1,50	1,56	268	3,2	2,8	0:50:40	0:50:41	1	0,78	0,83
219	5,7	5,3	0:46:28	0:46:29	1	1,47	1,53	269	4,3	3,9	0:50:41	0:50:42	1	1,08	1,14
220	5,6	5,2	0:46:29	0:46:31	2	2,89	1,56	270	4,5	4,1	0:50:42	0:50:42	0	0,00	0,00
221	5,5	5,1	0:46:31	0:46:33	2	2,83	1,53	271	3,4	3	0:50:42	0:50:43	1	0,83	0,89
222	5,4	5	0:46:33	0:46:35	2	2,78	1,50	272	2,1	1,7	0:50:43	0:50:44	1	0,47	0,53
223	5,3	4,9	0:46:35	0:46:37	2	2,72	1,47	273	1,2	0,8	0:50:44	0:50:45	1	0,22	0,28
224	5,2	4,8	0:46:37	0:46:39	2	2,67	1,44	274	0,9	0,5	0:50:45	0:50:45	0	0,00	0,00
225	5,1	4,7	0:46:39	0:46:42	3	3,92	1,47	275	0,8	0,4	0:50:45	0:50:48	3	0,33	0,28
226	5	4,6	0:46:42	0:46:46	4	5,11	1,50	276	1,2	0,8	0:50:48	0:50:49	1	0,22	0,28
227	4,9	4,5	0:46:46	0:46:50	4	5,00	1,47	277	1,4	1	0:50:49	0:50:49	0	0,00	0,00
228	4,8	4,4	0:46:50	0:46:54	4	4,89	1,44	278	1,6	1,2	0:50:49	0:50:50	1	0,33	0,39
229	4,7	4,3	0:46:54	0:46:56	2	2,39	1,31	279	2,5	2,1	0:50:50	0:50:51	1	0,58	0,64
230	4,8	4,4	0:46:56	0:46:57	1	1,22	1,28	280	3,9	3,5	0:50:51	0:50:52	1	0,97	1,03
231	4,7	4,3	0:46:57	0:47:02	5	5,97	1,47	281	4,4	4	0:50:52	0:50:52	0	0,00	0,00
232	4,6	4,2	0:47:02	0:47:03	1	1,17	1,22	282	4,5	4,1	0:50:52	0:50:54	2	2,28	1,25
233	4,3	3,9	0:47:03	0:47:04	1	1,08	1,14	283	4,4	4	0:50:54	0:50:55	1	1,11	1,17
234	4,1	3,7	0:47:04	0:47:04	0	0,00	0,00	284	4,3	3,9	0:50:55	0:50:56	1	1,08	1,14
235	3,8	3,4	0:47:04	0:47:05	1	0,94	1,00	285	3,3	2,9	0:50:56	0:50:57	1	0,81	0,86
236	3,7	3,3	0:47:05	0:47:06	1	0,92	0,97	286	1,7	1,3	0:50:57	0:50:57	0	0,00	0,00
237	3,6	3,2	0:47:06	0:47:06	0	0,00	0,00	287	1	0,6	0:50:57	0:50:58	1	0,17	0,22
238	3,7	3,3	0:47:06	0:47:22	16	14,67	1,81	288	0,8	0,4	0:50:58	0:51:00	2	0,22	0,22
239	3,8	3,4	0:47:22	0:47:23	1	0,94	1,00	289	2,1	1,7	0:51:00	0:51:01	1	0,47	0,53
240	3,7	3,3	0:47:23	0:47:46	23	21,08	2,19	290	4,2	3,8	0:51:01	0:51:02	1	1,06	1,11
241	3,6	3,2	0:47:46	0:47:48	2	1,78	1,00	291	5,6	5,2	0:51:02	0:51:02	0	0,00	0,00
242	3,7	3,3	0:47:48	0:48:07	19	17,42	1,97	292	6	5,6	0:51:02	0:51:03	1	1,56	1,61
243	3,6	3,2	0:48:07	0:48:09	2	1,78	1,00	293	6,1	5,7	0:51:03	0:51:04	1	1,58	1,64
244	3,7	3,3	0:48:09	0:48:10	1	0,92	0,97	294	6,2	5,8	0:51:04	0:51:05	1	1,61	1,67
245	3,6	3,2	0:48:10	0:48:11	1	0,89	0,94	295	6,1	5,7	0:51:05	0:51:06	1	1,58	1,64
246	3,7	3,3	0:48:11	0:48:20	9	8,25	1,42	296	6	5,6	0:51:06	0:51:07	1	1,56	1,61
247	3,6	3,2	0:48:20	0:48:21	1	0,89	0,94	297	5,9	5,5	0:51:07	0:51:08	1	1,53	1,58
248	3,7	3,3	0:48:21	0:48:23	2	1,83	1,03	298	5,7	5,3	0:51:08	0:51:09	1	1,47	1,53
249	3,6	3,2	0:48:23	0:48:24	1	0,89	0,94	299	5,6	5,2	0:51:09	0:51:10	1	1,44	1,50
250	3,7	3,3	0:48:24	0:50:06	102	93,50	6,58	300	5,5	5,1	0:51:10	0:51:11	1	1,42	1,47

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	$\Delta t1$ seg	Etr kWh	$\Delta Etr$ kWh	EtrT kWh	$\Delta ErtT$ kWh	
301	5,4	5	0:51:11	0:51:12	1	1,39	1,44	<b>852,00</b>	<b>301,36</b>	<b>35%</b>
302	5,3	4,9	0:51:12	0:51:13	1	1,36	1,42			
303	5,2	4,8	0:51:13	0:51:15	2	2,67	1,44			
304	5,1	4,7	0:51:15	0:51:16	1	1,31	1,36			
305	5	4,6	0:51:16	0:51:17	1	1,28	1,33			
306	4,9	4,5	0:51:17	0:51:19	2	2,50	1,36			
307	4,8	4,4	0:51:19	0:51:21	2	2,44	1,33			
308	4,7	4,3	0:51:21	0:51:22	1	1,19	1,25			
309	3,5	3,1	0:51:22	0:51:22	0	0,00	0,00			
310	1,8	1,4	0:51:22	0:51:23	1	0,39	0,44			
311	1	0,6	0:51:23	0:51:24	1	0,17	0,22			
312	0,7	0,3	0:51:24	0:51:35	11	0,92	0,69			
313	0,7	0,3	0:52:08	0:52:26	18	1,50	1,08			
314	0,5	0,1	0:52:26	0:52:27	1	0,03	0,08			
315	0,7	0,3	0:52:38	0:52:46	8	0,67	0,53			
316	0,8	0,4	0:52:46	0:52:46	0	0,00	0,00			
317	1,5	1,1	0:52:46	0:52:47	1	0,31	0,36			
318	2,2	1,8	0:52:47	0:52:48	1	0,50	0,56			
319	2	1,6	0:52:48	0:52:48	0	0,00	0,00			
320	1,3	0,9	0:52:48	0:52:49	1	0,25	0,31			
321	0,9	0,5	0:52:49	0:52:50	1	0,14	0,19			
322	0,7	0,3	0:52:50	0:53:04	14	1,17	0,86			
323	0,5	0,1	0:53:04	0:53:05	1	0,03	0,08			
324	0,5	0,1	0:53:18	0:53:20	2	0,06	0,14			
325	0,7	0,3	0:53:20	0:53:23	3	0,25	0,25			

MPT (MW)	MTT (seg)	MoPC (MW)
5,8	102	3,3

[ANEXO N° 5]

[Caracas-CHN (Regeneración)]

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh
1	0,3	0,1	0:02:18	0:02:19	1	0,03	0,08	51	-0,5	0,9	0:05:51	0:05:51	0	0,00	0,00
2	-0,1	0,5	0:02:19	0:02:20	1	0,14	0,19	52	-0,6	1	0:05:51	0:06:06	15	4,17	1,11
3	-0,3	0,7	0:02:20	0:02:25	5	0,97	0,47	53	0	0,4	0:06:06	0:06:06	0	0,00	0,00
4	-1,1	1,5	0:02:26	0:02:28	2	0,83	0,53	54	-0,4	0,8	0:06:14	0:06:14	0	0,00	0,00
5	-2	2,4	0:02:28	0:02:29	1	0,67	0,72	55	-0,6	1	0:06:14	0:06:28	14	3,89	1,06
6	-3	3,4	0:02:29	0:02:29	0	0,00	0,00	56	-0,2	0,6	0:06:37	0:06:37	0	0,00	0,00
7	-3,8	4,2	0:02:29	0:02:30	1	1,17	1,22	57	-0,5	0,9	0:06:37	0:06:38	1	0,25	0,31
8	-3,7	4,1	0:02:30	0:02:31	1	1,14	1,19	58	-0,6	1	0:06:38	0:06:52	14	3,89	1,06
9	-3,5	3,9	0:02:31	0:02:32	1	1,08	1,14	59	-0,4	0,8	0:06:52	0:06:52	0	0,00	0,00
10	-3,3	3,7	0:02:32	0:02:32	0	0,00	0,00	60	-0,1	0,5	0:06:59	0:06:59	0	0,00	0,00
11	-3,1	3,5	0:02:32	0:02:33	1	0,97	1,03	61	-0,5	0,9	0:06:59	0:07:00	1	0,25	0,31
12	-2,8	3,2	0:02:33	0:02:34	1	0,89	0,94	62	-0,6	1	0:07:00	0:07:07	7	1,94	0,67
13	-2	2,4	0:02:34	0:02:34	0	0,00	0,00	63	0	0,4	0:07:07	0:07:08	1	0,11	0,17
14	-1	1,4	0:02:34	0:02:35	1	0,39	0,44	64	0,1	0,3	0:07:13	0:07:13	0	0,00	0,00
15	-0,3	0,7	0:02:35	0:02:36	1	0,19	0,25	65	-0,4	0,8	0:07:13	0:07:14	1	0,22	0,28
16	0,1	0,3	0:02:36	0:02:36	0	0,00	0,00	66	-0,6	1	0:07:14	0:07:25	11	3,06	0,89
17	0,2	0,2	0:03:07	0:03:07	0	0,00	0,00	67	-0,1	0,5	0:07:25	0:07:25	0	0,00	0,00
18	0,1	0,3	0:03:07	0:03:11	4	0,33	0,31	68	-0,4	0,8	0:07:32	0:07:32	0	0,00	0,00
19	-0,1	0,5	0:03:11	0:03:12	1	0,14	0,19	69	-0,6	1	0:07:32	0:07:46	14	3,89	1,06
20	-0,2	0,6	0:03:12	0:03:12	0	0,00	0,00	70	0,3	0,1	0:07:46	0:07:47	1	0,03	0,08
21	-0,5	0,9	0:03:12	0:03:13	1	0,25	0,31	71	-0,2	0,6	0:07:54	0:07:55	1	0,17	0,22
22	-0,6	1	0:03:13	0:03:14	1	0,28	0,33	72	-0,5	0,9	0:07:55	0:07:55	0	0,00	0,00
23	-0,5	0,9	0:03:14	0:03:16	2	0,50	0,36	73	-0,6	1	0:07:55	0:08:10	15	4,17	1,11
24	-0,4	0,8	0:03:16	0:03:19	3	0,67	0,39	74	0,3	0,1	0:08:10	0:08:11	1	0,03	0,08
25	-0,3	0,7	0:03:19	0:03:19	0	0,00	0,00	75	-0,3	0,7	0:08:18	0:08:18	0	0,00	0,00
26	0	0,4	0:03:19	0:03:20	1	0,11	0,17	76	-0,5	0,9	0:08:18	0:08:19	1	0,25	0,31
27	0,3	0,1	0:03:20	0:03:22	2	0,06	0,14	77	-0,6	1	0:08:19	0:08:35	16	4,44	1,17
28	0,3	0,1	0:04:01	0:04:02	1	0,03	0,08	78	-0,2	0,6	0:08:42	0:08:43	1	0,17	0,22
29	0,1	0,3	0:04:02	0:04:02	0	0,00	0,00	79	-0,5	0,9	0:08:43	0:08:43	0	0,00	0,00
30	-0,1	0,5	0:04:40	0:04:40	0	0,00	0,00	80	-0,6	1	0:08:43	0:08:56	13	3,61	1,00
31	-0,5	0,9	0:04:40	0:04:41	1	0,25	0,31	81	-0,5	0,9	0:08:56	0:08:56	0	0,00	0,00
32	-0,6	1	0:04:41	0:04:47	6	1,67	0,61	82	-0,2	0,6	0:09:02	0:09:03	1	0,17	0,22
33	0,3	0,1	0:04:47	0:04:48	1	0,03	0,08	83	-0,5	0,9	0:09:03	0:09:04	1	0,25	0,31
34	-0,2	0,6	0:04:53	0:04:53	0	0,00	0,00	84	-0,6	1	0:09:04	0:09:26	22	6,11	1,50
35	-0,5	0,9	0:04:53	0:04:54	1	0,25	0,31	85	-0,4	0,8	0:09:26	0:09:26	0	0,00	0,00
36	-0,6	1	0:05:00	0:05:00	0	0,00	0,00	86	0,1	0,3	0:09:36	0:09:36	0	0,00	0,00
37	-0,5	0,9	0:05:00	0:05:01	1	0,25	0,31	87	-0,4	0,8	0:09:36	0:09:37	1	0,22	0,28
38	-0,1	0,5	0:05:07	0:05:08	1	0,14	0,19	88	-0,6	1	0:09:37	0:09:49	12	3,33	0,94
39	-0,5	0,9	0:05:08	0:05:08	0	0,00	0,00	89	0	0,4	0:09:55	0:09:56	1	0,11	0,17
40	-0,6	1	0:05:08	0:05:21	13	3,61	1,00	90	-0,5	0,9	0:09:56	0:09:56	0	0,00	0,00
41	-0,4	0,8	0:05:21	0:05:22	1	0,22	0,28	91	-0,6	1	0:09:56	0:10:05	9	2,50	0,78
42	0	0,4	0:05:31	0:05:31	0	0,00	0,00	92	-0,5	0,9	0:10:05	0:10:06	1	0,25	0,31
43	-0,5	0,9	0:05:31	0:05:32	1	0,25	0,31	93	-0,1	0,5	0:10:12	0:10:12	0	0,00	0,00
44	-0,6	1	0:05:32	0:05:33	1	0,28	0,33	94	-0,5	0,9	0:10:12	0:10:13	1	0,25	0,31
45	-0,7	1,1	0:05:33	0:05:34	1	0,31	0,36	95	-0,7	1,1	0:10:13	0:10:21	8	2,44	0,75
46	-0,6	1	0:05:34	0:05:35	1	0,28	0,33	96	-0,6	1	0:10:21	0:10:33	12	3,33	0,94
47	-0,7	1,1	0:05:35	0:05:36	1	0,31	0,36	97	-0,4	0,8	0:10:33	0:10:34	1	0,22	0,28
48	-0,6	1	0:05:36	0:05:43	7	1,94	0,67	98	-0,2	0,6	0:10:42	0:10:43	1	0,17	0,22
49	0	0,4	0:05:43	0:05:44	1	0,11	0,17	99	-0,5	0,9	0:10:43	0:10:44	1	0,25	0,31
50	0	0,4	0:05:50	0:05:51	1	0,11	0,17	100	-0,7	1,1	0:10:44	0:10:49	5	1,53	0,58



	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh
101	-0,6	1	0:10:49	0:10:51	2	0,56	0,39	151	-0,3	0,7	0:13:37	0:13:38	1	0,19	0,25
102	0	0,4	0:10:51	0:10:52	1	0,11	0,17	152	-0,2	0,6	0:13:45	0:13:46	1	0,17	0,22
103	-0,1	0,5	0:10:57	0:10:57	0	0,00	0,00	153	-0,5	0,9	0:13:46	0:13:46	0	0,00	0,00
104	-0,5	0,9	0:10:57	0:10:58	1	0,25	0,31	154	-0,6	1	0:13:46	0:13:59	13	3,61	1,00
105	-0,7	1,1	0:10:58	0:11:04	6	1,83	0,64	155	0,3	0,1	0:13:59	0:14:00	1	0,03	0,08
106	-0,6	1	0:11:04	0:11:06	2	0,56	0,39	156	0	0,4	0:14:06	0:14:07	1	0,11	0,17
107	-0,3	0,7	0:11:06	0:11:07	1	0,19	0,25	157	-0,5	0,9	0:14:07	0:14:07	0	0,00	0,00
108	-0,2	0,6	0:11:10	0:11:11	1	0,17	0,22	158	-0,6	1	0:14:07	0:14:24	17	4,72	1,22
109	-0,5	0,9	0:11:11	0:11:12	1	0,25	0,31	159	-0,3	0,7	0:14:32	0:14:32	0	0,00	0,00
110	-0,7	1,1	0:11:12	0:11:16	4	1,22	0,53	160	-0,6	1	0:14:32	0:14:45	13	3,61	1,00
111	-0,6	1	0:11:16	0:11:17	1	0,28	0,33	161	-0,5	0,9	0:14:45	0:14:46	1	0,25	0,31
112	0,3	0,1	0:11:17	0:11:18	1	0,03	0,08	162	-0,3	0,7	0:14:52	0:14:52	0	0,00	0,00
113	0	0,4	0:11:23	0:11:24	1	0,11	0,17	163	-0,6	1	0:14:52	0:15:06	14	3,89	1,06
114	-0,5	0,9	0:11:24	0:11:24	0	0,00	0,00	164	0,3	0,1	0:15:06	0:15:07	1	0,03	0,08
115	-0,7	1,1	0:11:24	0:11:30	6	1,83	0,64	165	0,3	0,1	0:15:10	0:15:11	1	0,03	0,08
116	-0,6	1	0:11:30	0:11:32	2	0,56	0,39	166	-0,4	0,8	0:15:11	0:15:12	1	0,22	0,28
117	-0,1	0,5	0:11:32	0:11:33	1	0,14	0,19	167	-0,6	1	0:15:12	0:15:12	0	0,00	0,00
118	-0,4	0,8	0:11:38	0:11:39	1	0,22	0,28	168	-0,7	1,1	0:15:12	0:15:15	3	0,92	0,47
119	-0,6	1	0:11:39	0:11:40	1	0,28	0,33	169	-0,6	1	0:15:15	0:15:20	5	1,39	0,56
120	-0,7	1,1	0:11:40	0:11:42	2	0,61	0,42	170	0,1	0,3	0:15:25	0:15:26	1	0,08	0,14
121	-0,6	1	0:11:42	0:11:45	3	0,83	0,44	171	-0,4	0,8	0:15:26	0:15:27	1	0,22	0,28
122	-0,1	0,5	0:11:45	0:11:45	0	0,00	0,00	172	-0,6	1	0:15:27	0:15:27	0	0,00	0,00
123	-0,1	0,5	0:11:50	0:11:50	0	0,00	0,00	173	-0,7	1,1	0:15:27	0:15:33	6	1,83	0,64
124	-0,5	0,9	0:11:50	0:11:51	1	0,25	0,31	174	-0,6	1	0:15:33	0:15:35	2	0,56	0,39
125	-0,6	1	0:11:51	0:11:53	2	0,56	0,39	175	-0,3	0,7	0:15:35	0:15:36	1	0,19	0,25
126	-0,7	1,1	0:11:53	0:11:55	2	0,61	0,42	176	-0,1	0,5	0:15:40	0:15:41	1	0,14	0,19
127	-0,6	1	0:11:55	0:12:00	5	1,39	0,56	177	-0,5	0,9	0:15:41	0:15:42	1	0,25	0,31
128	-0,2	0,6	0:12:00	0:12:01	1	0,17	0,22	178	-0,7	1,1	0:15:42	0:15:49	7	2,14	0,69
129	-0,4	0,8	0:12:07	0:12:08	1	0,22	0,28	179	-0,6	1	0:15:49	0:15:55	6	1,67	0,61
130	-0,6	1	0:12:08	0:12:08	0	0,00	0,00	180	-0,4	0,8	0:16:02	0:16:03	1	0,22	0,28
131	-0,7	1,1	0:12:08	0:12:12	4	1,22	0,53	181	-0,6	1	0:16:03	0:16:04	1	0,28	0,33
132	-0,6	1	0:12:12	0:12:18	6	1,67	0,61	182	-0,7	1,1	0:16:04	0:16:11	7	2,14	0,69
133	0,3	0,1	0:12:18	0:12:19	1	0,03	0,08	183	0,3	0,1	0:16:11	0:16:12	1	0,03	0,08
134	-0,1	0,5	0:12:25	0:12:25	0	0,00	0,00	184	0	0,4	0:16:16	0:16:16	0	0,00	0,00
135	-0,5	0,9	0:12:25	0:12:26	1	0,25	0,31	185	-0,5	0,9	0:16:16	0:16:17	1	0,25	0,31
136	-0,7	1,1	0:12:26	0:12:29	3	0,92	0,47	186	-0,7	1,1	0:16:17	0:16:28	11	3,36	0,92
137	-0,6	1	0:12:29	0:12:34	5	1,39	0,56	187	-0,6	1	0:16:28	0:16:28	0	0,00	0,00
138	0,2	0,2	0:12:40	0:12:41	1	0,06	0,11	188	0	0,4	0:16:32	0:16:33	1	0,11	0,17
139	-0,4	0,8	0:12:41	0:12:41	0	0,00	0,00	189	-0,5	0,9	0:16:33	0:16:33	0	0,00	0,00
140	-0,6	1	0:12:41	0:12:42	1	0,28	0,33	190	-0,6	1	0:16:33	0:16:34	1	0,28	0,33
141	-0,7	1,1	0:12:42	0:12:51	9	2,75	0,81	191	-0,7	1,1	0:16:34	0:16:43	9	2,75	0,81
142	-0,6	1	0:12:51	0:13:00	9	2,50	0,78	192	-0,6	1	0:16:43	0:16:46	3	0,83	0,44
143	0,2	0,2	0:13:00	0:13:00	0	0,00	0,00	193	0,1	0,3	0:16:46	0:16:46	0	0,00	0,00
144	0,2	0,2	0:13:05	0:13:06	1	0,06	0,11	194	-0,2	0,6	0:16:53	0:16:53	0	0,00	0,00
145	-0,4	0,8	0:13:06	0:13:06	0	0,00	0,00	195	-0,6	1	0:16:53	0:16:54	1	0,28	0,33
146	-0,6	1	0:13:06	0:13:18	12	3,33	0,94	196	-0,7	1,1	0:16:54	0:17:05	11	3,36	0,92
147	-0,1	0,5	0:13:18	0:13:19	1	0,14	0,19	197	-0,6	1	0:17:05	0:17:11	6	1,67	0,61
148	0,1	0,3	0:13:24	0:13:25	1	0,08	0,14	198	-1,6	2	0:17:11	0:17:12	1	0,56	0,61
149	-0,4	0,8	0:13:25	0:13:26	1	0,22	0,28	199	-2,4	2,8	0:17:12	0:17:13	1	0,78	0,83
150	-0,6	1	0:13:26	0:13:37	11	3,06	0,89	200	-2,6	3	0:17:13	0:17:13	0	0,00	0,00



	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh	Ert kWh	ΔErt kWh	
201	-2,5	2,9	0:17:13	0:17:15	2	1,61	0,92	180,08	95,22	53%
202	-3,2	3,6	0:17:15	0:17:16	1	1,00	1,06			
203	-3,4	3,8	0:17:16	0:17:16	0	0,00	0,00			
204	-3,3	3,7	0:17:16	0:17:17	1	1,03	1,08			
205	-3,4	3,8	0:17:17	0:17:18	1	1,06	1,11			
206	-4	4,4	0:17:18	0:17:19	1	1,22	1,28			
207	-4,1	4,5	0:17:19	0:17:19	0	0,00	0,00			
208	-4	4,4	0:17:19	0:17:20	1	1,22	1,28			
209	-3,9	4,3	0:17:20	0:17:21	1	1,19	1,25			
210	-3,8	4,2	0:17:21	0:17:23	2	2,33	1,28			
211	-3,7	4,1	0:17:23	0:17:23	0	0,00	0,00			
212	-3,5	3,9	0:17:23	0:17:24	1	1,08	1,14			
213	-2,9	3,3	0:17:24	0:17:25	1	0,92	0,97			
214	-2,2	2,6	0:17:25	0:17:25	0	0,00	0,00			
215	-1,9	2,3	0:17:25	0:17:26	1	0,64	0,69			
216	-1,8	2,2	0:17:26	0:17:27	1	0,61	0,67			
217	-1,7	2,1	0:17:27	0:17:28	1	0,58	0,64			
218	-1	1,4	0:17:28	0:17:28	0	0,00	0,00			
219	-0,9	1,3	0:17:28	0:17:31	3	1,08	0,53			
220	-0,8	1,2	0:17:31	0:17:33	2	0,67	0,44			
221	-1	1,4	0:17:33	0:17:34	1	0,39	0,44			
222	-1,4	1,8	0:17:34	0:17:36	2	1,00	0,61			
223	-1,8	2,2	0:17:36	0:17:36	0	0,00	0,00			
224	-2	2,4	0:17:36	0:17:38	2	1,33	0,78			
225	-2,3	2,7	0:17:38	0:17:39	1	0,75	0,81			
226	-2,7	3,1	0:17:39	0:17:40	1	0,86	0,92			
227	-2,6	3	0:17:40	0:17:41	1	0,83	0,89			
228	-2,5	2,9	0:17:41	0:17:41	0	0,00	0,00			
229	-2,4	2,8	0:17:41	0:17:43	2	1,56	0,89			
230	-2,3	2,7	0:17:43	0:17:43	0	0,00	0,00			
231	-1,7	2,1	0:17:43	0:17:44	1	0,58	0,64			
232	-1	1,4	0:17:44	0:17:45	1	0,39	0,44			
233	-1,6	2	0:17:45	0:17:46	1	0,56	0,61			
234	-1,3	1,7	0:17:46	0:17:46	0	0,00	0,00			
235	-0,5	0,9	0:17:46	0:17:47	1	0,25	0,31			
236	-0,3	0,7	0:17:47	0:17:49	2	0,39	0,31			
237	-0,2	0,6	0:17:49	0:17:57	8	1,33	0,61			
238	-0,1	0,5	0:17:57	0:18:03	6	0,83	0,47			
239	-0,2	0,6	0:18:03	0:18:04	1	0,17	0,22			
240	-0,5	0,9	0:18:04	0:18:05	1	0,25	0,31			
241	-0,6	1	0:18:05	0:18:06	1	0,28	0,33			
242	-0,7	1,1	0:18:06	0:18:06	0	0,00	0,00			
243	-0,4	0,8	0:18:06	0:18:07	1	0,22	0,28			
244	0	0,4	0:18:07	0:18:08	1	0,11	0,17			
245	0,3	0,1	0:18:08	0:18:09	1	0,03	0,08			
246	0,3	0,1	0:19:00	0:19:15	15	0,42	0,86			
247	0,3	0,1	0:19:28	0:19:37	9	0,25	0,53			
248	0,2	0,2	0:19:38	0:19:39	1	0,06	0,11			
249	0,2	0,2	0:19:43	0:19:46	3	0,17	0,22			
250	0,3	0,1	0:19:46	0:19:47	1	0,03	0,08			

MPR (MW)	MTR (seg)	MoPC (MW)	RelGT	ΔRelGT
4,5	22	1	171,78%	2,15

[ANEXO N° 6]

[Caracas-CHN (Tracción)]

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh
1	0,7	0,3	0:00:52	0:00:56	4	0,33	0,31	51	5,6	5,2	0:02:12	0:02:13	1	1,44	1,50
2	0,8	0,4	0:00:56	0:00:56	0	0,00	0,00	52	4	3,6	0:02:13	0:02:14	1	1,00	1,06
3	1	0,6	0:00:56	0:00:57	1	0,17	0,22	53	2	1,6	0:02:14	0:02:14	0	0,00	0,00
4	1,3	0,9	0:00:57	0:00:58	1	0,25	0,31	54	1	0,6	0:02:14	0:02:15	1	0,17	0,22
5	1,7	1,3	0:00:58	0:00:58	0	0,00	0,00	55	0,7	0,3	0:02:15	0:02:16	1	0,08	0,14
6	2	1,6	0:00:58	0:00:59	1	0,44	0,50	56	0,6	0,2	0:02:16	0:02:18	2	0,11	0,17
7	2,3	1,9	0:00:59	0:01:00	1	0,53	0,58	57	0,6	0,2	0:02:37	0:02:41	4	0,22	0,28
8	2,6	2,2	0:01:00	0:01:01	1	0,61	0,67	58	0,7	0,3	0:02:41	0:02:42	1	0,08	0,14
9	3	2,6	0:01:01	0:01:01	0	0,00	0,00	59	1,4	1	0:02:42	0:02:42	0	0,00	0,00
10	3,3	2,9	0:01:01	0:01:02	1	0,81	0,86	60	1,7	1,3	0:02:42	0:02:43	1	0,36	0,42
11	3,6	3,2	0:01:02	0:01:03	1	0,89	0,94	61	1,8	1,4	0:02:43	0:02:45	2	0,78	0,50
12	3,5	3,1	0:01:03	0:01:03	0	0,00	0,00	62	1,9	1,5	0:02:45	0:02:47	2	0,83	0,53
13	3,2	2,8	0:01:03	0:01:04	1	0,78	0,83	63	1,8	1,4	0:02:47	0:02:49	2	0,78	0,50
14	3	2,6	0:01:04	0:01:05	1	0,72	0,78	64	1,2	0,8	0:02:49	0:02:50	1	0,22	0,28
15	2,8	2,4	0:01:05	0:01:05	0	0,00	0,00	65	0,9	0,5	0:02:50	0:02:51	1	0,14	0,19
16	2,6	2,2	0:01:05	0:01:06	1	0,61	0,67	66	0,7	0,3	0:02:51	0:02:52	1	0,08	0,14
17	2,5	2,1	0:01:06	0:01:07	1	0,58	0,64	67	0,6	0,2	0:02:52	0:02:56	4	0,22	0,28
18	2,4	2	0:01:07	0:01:08	1	0,56	0,61	68	0,7	0,3	0:02:56	0:02:57	1	0,08	0,14
19	2,3	1,9	0:01:08	0:01:09	1	0,53	0,58	69	1,1	0,7	0:02:57	0:02:57	0	0,00	0,00
20	2,2	1,8	0:01:09	0:01:11	2	1,00	0,61	70	1,5	1,1	0:02:57	0:02:58	1	0,31	0,36
21	2,1	1,7	0:01:11	0:01:13	2	0,94	0,58	71	1,7	1,3	0:02:58	0:03:00	2	0,72	0,47
22	2	1,6	0:01:13	0:01:16	3	1,33	0,61	72	1,4	1	0:03:00	0:03:01	1	0,28	0,33
23	1,9	1,5	0:01:16	0:01:21	5	2,08	0,69	73	0,9	0,5	0:03:01	0:03:02	1	0,14	0,19
24	1,8	1,4	0:01:21	0:01:21	0	0,00	0,00	74	0,8	0,4	0:03:02	0:03:02	0	0,00	0,00
25	1,6	1,2	0:01:21	0:01:22	1	0,33	0,39	75	0,7	0,3	0:03:02	0:03:03	1	0,08	0,14
26	1,1	0,7	0:01:22	0:01:23	1	0,19	0,25	76	0,6	0,2	0:03:03	0:03:06	3	0,17	0,22
27	0,8	0,4	0:01:23	0:01:23	0	0,00	0,00	77	0,5	0,1	0:03:06	0:03:06	0	0,00	0,00
28	0,7	0,3	0:01:23	0:01:24	1	0,08	0,14	78	0,6	<b>0,2</b>	0:03:22	0:03:40	<b>18</b>	1,00	1,06
29	0,6	0,2	0:01:24	0:01:34	10	0,56	0,61	79	0,7	0,3	0:03:40	0:03:40	0	0,00	0,00
30	0,7	0,3	0:01:34	0:01:35	1	0,08	0,14	80	1,1	0,7	0:03:40	0:03:41	1	0,19	0,25
31	1,1	0,7	0:01:35	0:01:35	0	0,00	0,00	81	1,9	1,5	0:03:41	0:03:42	1	0,42	0,47
32	1,6	1,2	0:01:35	0:01:36	1	0,33	0,39	82	2,3	1,9	0:03:42	0:03:42	0	0,00	0,00
33	1,7	1,3	0:01:36	0:01:36	0	0,00	0,00	83	2,4	2	0:03:42	0:03:44	2	1,11	0,67
34	1,8	1,4	0:01:36	0:01:43	7	2,72	0,78	84	2,3	1,9	0:03:44	0:03:45	1	0,53	0,58
35	1,7	1,3	0:01:43	0:01:44	1	0,36	0,42	85	2,2	1,8	0:03:45	0:03:46	1	0,50	0,56
36	1,1	0,7	0:01:44	0:01:44	0	0,00	0,00	86	2,1	1,7	0:03:46	0:03:48	2	0,94	0,58
37	0,8	0,4	0:01:44	0:01:45	1	0,11	0,17	87	2	1,6	0:03:48	0:03:50	2	0,89	0,56
38	0,7	0,3	0:01:45	0:01:46	1	0,08	0,14	88	1,9	1,5	0:03:50	0:03:54	4	1,67	0,64
39	0,6	0,2	0:01:46	0:01:57	11	0,61	0,67	89	1,8	1,4	0:03:54	0:03:57	3	1,17	0,56
40	1	0,6	0:01:57	0:01:58	1	0,17	0,22	90	1,7	1,3	0:03:57	0:03:58	1	0,36	0,42
41	2,4	2	0:01:58	0:01:59	1	0,56	0,61	91	1,1	0,7	0:03:58	0:03:59	1	0,19	0,25
42	4,3	3,9	0:01:59	0:01:59	0	0,00	0,00	92	0,8	0,4	0:03:59	0:04:00	1	0,11	0,17
43	5,5	5,1	0:01:59	0:02:00	1	1,42	1,47	93	0,7	0,3	0:04:00	0:04:01	1	0,08	0,14
44	5,8	5,4	0:02:00	0:02:01	1	1,50	1,56	94	0,6	0,2	0:04:03	0:04:03	0	0,00	0,00
45	5,9	5,5	0:02:01	0:02:01	0	0,00	0,00	95	0,7	0,3	0:04:03	0:04:05	2	0,17	0,19
46	6,1	5,7	0:02:01	0:02:02	1	1,58	1,64	96	1	0,6	0:04:05	0:04:05	0	0,00	0,00
47	6,2	5,8	0:02:02	0:02:06	4	6,44	1,83	97	2,6	2,2	0:04:05	0:04:06	1	0,61	0,67
48	6,1	5,7	0:02:06	0:02:11	5	7,92	1,86	98	4,5	4,1	0:04:06	0:04:07	1	1,14	1,19
49	6	5,6	0:02:11	0:02:11	0	0,00	0,00	99	5,6	5,2	0:04:07	0:04:07	0	0,00	0,00
50	5,9	5,5	0:02:11	0:02:12	1	1,53	1,58	100	6,1	5,7	0:04:07	0:04:08	1	1,58	1,64

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh
101	6,2	5,8	0:04:08	0:04:10	2	3,22	1,72	156	0,7	0,3	0:11:10	0:11:10	0	0,00	0,00
102	6,1	5,7	0:04:10	0:04:15	5	7,92	1,86	157	0,6	0,2	0:11:18	0:11:23	5	0,28	0,33
103	6	5,6	0:04:15	0:04:15	0	0,00	0,00	158	0,6	0,2	0:11:33	0:11:37	4	0,22	0,28
104	5,8	5,4	0:04:15	0:04:16	1	1,50	1,56	159	0,6	0,2	0:11:45	0:11:48	3	0,17	0,22
105	5,7	5,3	0:04:16	0:04:17	1	1,47	1,53	160	0,7	0,3	0:11:48	0:11:50	2	0,17	0,19
106	5,6	5,2	0:04:17	0:04:17	0	0,00	0,00	161	0,6	0,2	0:12:01	0:12:02	1	0,06	0,11
107	5,5	5,1	0:04:17	0:04:18	1	1,42	1,47	162	0,7	0,3	0:12:02	0:12:06	4	0,33	0,31
108	5,4	5	0:04:18	0:04:19	1	1,39	1,44	163	0,5	0,1	0:12:06	0:12:07	1	0,03	0,08
109	5,3	4,9	0:04:19	0:04:20	1	1,36	1,42	164	0,7	0,3	0:12:19	0:12:21	2	0,17	0,19
110	5,2	4,8	0:04:20	0:04:20	0	0,00	0,00	165	0,6	0,2	0:12:21	0:12:24	3	0,17	0,22
111	5,1	4,7	0:04:20	0:04:21	1	1,31	1,36	166	0,7	0,3	0:12:24	0:12:25	1	0,08	0,14
112	5	4,6	0:04:21	0:04:23	2	2,56	1,39	167	0,5	0,1	0:12:34	0:12:35	1	0,03	0,08
113	4,9	4,5	0:04:23	0:04:23	0	0,00	0,00	168	0,6	0,2	0:12:35	0:12:36	1	0,06	0,11
114	4,8	4,4	0:04:23	0:04:25	2	2,44	1,33	169	0,7	0,3	0:12:36	0:12:40	4	0,33	0,31
115	4	3,6	0:04:25	0:04:25	0	0,00	0,00	170	0,7	0,3	0:13:01	0:13:05	4	0,33	0,31
116	2,2	1,8	0:04:25	0:04:26	1	0,50	0,56	171	0,6	0,2	0:13:19	0:13:20	1	0,06	0,11
117	2,1	1,7	0:04:26	0:04:27	1	0,47	0,53	172	0,7	0,3	0:13:20	0:13:24	4	0,33	0,31
118	0,8	0,4	0:04:27	0:04:28	1	0,11	0,17	173	0,6	0,2	0:13:38	0:13:39	1	0,06	0,11
119	0,7	0,3	0:04:28	0:04:31	3	0,25	0,25	174	0,7	0,3	0:13:39	0:13:45	6	0,50	0,42
120	0,7	0,3	0:04:37	0:04:40	3	0,25	0,25	175	0,7	0,3	0:14:00	0:14:06	6	0,50	0,42
121	0,7	0,3	0:04:49	0:04:52	3	0,25	0,25	176	0,5	0,1	0:14:24	0:14:24	0	0,00	0,00
122	0,6	0,2	0:05:01	0:05:02	1	0,06	0,11	177	0,7	0,3	0:14:24	0:14:31	7	0,58	0,47
123	0,7	0,3	0:05:02	0:05:05	3	0,25	0,25	178	0,6	0,2	0:14:46	0:14:47	1	0,06	0,11
124	0,6	0,2	0:05:05	0:05:06	1	0,06	0,11	179	0,7	0,3	0:14:47	0:14:51	4	0,33	0,31
125	0,7	0,3	0:05:06	0:05:07	1	0,08	0,14	180	0,5	0,1	0:14:51	0:14:52	1	0,03	0,08
126	0,6	0,2	0:05:22	0:05:31	9	0,50	0,56	181	0,7	0,3	0:15:07	0:15:10	3	0,25	0,25
127	0,6	0,2	0:05:44	0:05:50	6	0,33	0,39	182	0,5	0,1	0:15:20	0:15:20	0	0,00	0,00
128	0,6	0,2	0:06:06	0:06:13	7	0,39	0,44	183	0,7	0,3	0:15:20	0:15:25	5	0,42	0,36
129	0,5	0,1	0:06:13	0:06:14	1	0,03	0,08	184	0,6	0,2	0:15:36	0:15:37	1	0,06	0,11
130	0,5	0,1	0:06:28	0:06:28	0	0,00	0,00	185	0,7	0,3	0:15:37	0:15:40	3	0,25	0,25
131	0,6	0,2	0:06:28	0:06:30	2	0,11	0,17	186	0,5	0,1	0:15:55	0:15:56	1	0,03	0,08
132	0,7	0,3	0:06:30	0:06:37	7	0,58	0,47	187	0,6	0,2	0:15:56	0:15:57	1	0,06	0,11
133	0,6	0,2	0:06:52	0:06:53	1	0,06	0,11	188	0,7	0,3	0:15:57	0:16:02	5	0,42	0,36
134	0,7	0,3	0:06:53	0:06:59	6	0,50	0,42	189	0,5	0,1	0:16:02	0:16:02	0	0,00	0,00
135	0,6	0,2	0:07:08	0:07:09	1	0,06	0,11	190	0,6	0,2	0:16:12	0:16:13	1	0,06	0,11
136	0,7	0,3	0:07:09	0:07:12	3	0,25	0,25	191	0,7	0,3	0:16:13	0:16:15	2	0,17	0,19
137	0,6	0,2	0:07:25	0:07:26	1	0,06	0,11	192	0,5	0,1	0:16:28	0:16:29	1	0,03	0,08
138	0,7	0,3	0:07:26	0:07:31	5	0,42	0,36	193	0,6	0,2	0:16:29	0:16:30	1	0,06	0,11
139	0,7	0,3	0:07:47	0:07:54	7	0,58	0,47	194	0,7	0,3	0:16:30	0:16:32	2	0,17	0,19
140	0,7	0,3	0:08:11	0:08:17	6	0,50	0,42	195	0,6	0,2	0:16:46	0:16:47	1	0,06	0,11
141	0,6	0,2	0:08:17	0:08:18	1	0,06	0,11	196	0,7	0,3	0:16:47	0:16:53	6	0,50	0,42
142	0,5	0,1	0:08:36	0:08:36	0	0,00	0,00	197	0,5	0,1	0:18:09	0:18:09	0	0,00	0,00
143	0,7	0,3	0:08:36	0:08:42	6	0,50	0,42	198	0,7	0,3	0:18:09	0:18:11	2	0,17	0,19
144	0,6	0,2	0:08:56	0:08:57	1	0,06	0,11	199	0,5	0,1	0:18:11	0:18:13	2	0,06	0,14
145	0,7	0,3	0:08:57	0:09:02	5	0,42	0,36	200	0,6	0,2	0:18:48	0:18:49	1	0,06	0,11
146	0,6	0,2	0:09:26	0:09:27	1	0,06	0,11	201	0,5	0,1	0:18:49	0:18:49	0	0,00	0,00
147	0,7	0,3	0:09:27	0:09:36	9	0,75	0,58	202	0,8	0,4	0:18:49	0:18:50	1	0,11	0,17
148	0,5	0,1	0:09:49	0:09:50	1	0,03	0,08	203	0,7	0,3	0:18:50	0:18:54	4	0,33	0,31
149	0,7	0,3	0:09:50	0:09:55	5	0,42	0,36	204	0,6	0,2	0:18:54	0:18:56	2	0,11	0,17
150	0,5	0,1	0:10:06	0:10:06	0	0,00	0,00	205	0,7	0,3	0:18:56	0:18:58	2	0,17	0,19
151	0,6	0,2	0:10:06	0:10:12	6	0,33	0,39	206	0,5	0,1	0:18:58	0:18:59	1	0,03	0,08
152	0,6	0,2	0:10:34	0:10:42	8	0,44	0,50	207	0,6	0,2	0:19:15	0:19:16	1	0,06	0,11
153	0,7	0,3	0:10:42	0:10:42	0	0,00	0,00	208	0,7	0,3	0:19:16	0:19:25	9	0,75	0,58
154	0,6	0,2	0:10:52	0:10:57	5	0,28	0,33	209	0,6	0,2	0:19:25	0:19:27	2	0,11	0,17
155	0,6	0,2	0:11:07	0:11:10	3	0,17	0,22	210	0,7	0,3	0:19:27	0:19:28	1	0,08	0,14

MPT (MW)	MTT (seg)	MoPC (MW)
5,8	18	0,3

Etr(KWh)	ΔEtr(KWh)
104,83	80,61
	77%

[ANEXO N° 7]  
[CHN-Cúa (Regeneración)]

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh
1	-0,1	0,5	0:03:22	0:03:23	1	0,14	0,19	51	-0,7	1,1	0:05:26	0:05:27	1	0,31	0,36
2	-0,5	0,9	0:03:23	0:03:33	10	2,50	0,81	52	-1	1,4	0:05:27	0:05:29	2	0,78	0,50
3	-0,3	0,7	0:03:38	0:03:38	0	0,00	0,00	53	-0,7	1,1	0:05:29	0:05:29	0	0,00	0,00
4	-0,5	0,9	0:03:38	0:03:48	10	2,50	0,81	54	-0,5	0,9	0:05:29	0:05:31	2	0,50	0,36
5	-0,2	0,6	0:03:53	0:03:53	0	0,00	0,00	55	-0,4	0,8	0:05:31	0:05:33	2	0,44	0,33
6	-0,5	0,9	0:03:53	0:03:54	1	0,25	0,31	56	-0,3	0,7	0:05:33	0:05:34	1	0,19	0,25
7	-0,6	1	0:03:54	0:03:55	1	0,28	0,33	57	0	0,4	0:05:34	0:05:38	4	0,44	0,33
8	-0,5	0,9	0:03:55	0:03:58	3	0,75	0,42	58	0,2	0,2	0:05:38	0:05:39	1	0,06	0,11
9	-0,6	1	0:03:58	0:04:00	2	0,56	0,39	59	0,3	0,1	0:05:39	0:05:41	2	0,06	0,14
10	-0,5	0,9	0:04:00	0:04:09	9	2,25	0,75	60	-0,3	0,7	0:07:34	0:07:35	1	0,19	0,25
11	-0,4	0,8	0:04:09	0:04:10	1	0,22	0,28	61	-0,5	0,9	0:07:35	0:07:36	1	0,25	0,31
12	-0,1	0,5	0:04:17	0:04:18	1	0,14	0,19	62	-0,6	1	0:07:36	0:07:40	4	1,11	0,50
13	-0,5	0,9	0:04:18	0:04:19	1	0,25	0,31	63	0,3	0,1	0:07:40	0:07:41	1	0,03	0,08
14	-0,6	1	0:04:19	0:04:40	21	5,83	1,44	64	0,2	0,2	0:07:49	0:07:50	1	0,06	0,11
15	-1,5	1,9	0:04:40	0:04:41	1	0,53	0,58	65	-0,4	0,8	0:07:50	0:07:51	1	0,22	0,28
16	-1,6	2	0:04:41	0:04:42	1	0,56	0,61	66	-0,6	1	0:07:51	0:07:53	2	0,56	0,39
17	-1,5	1,9	0:04:42	0:04:43	1	0,53	0,58	67	-0,5	0,9	0:07:53	0:07:53	0	0,00	0,00
18	-2,3	2,7	0:04:43	0:04:44	1	0,75	0,81	68	-0,2	0,6	0:09:50	0:09:50	0	0,00	0,00
19	-2,4	2,8	0:04:44	0:04:45	1	0,78	0,83	69	-0,5	0,9	0:09:50	0:09:55	5	1,25	0,53
20	-2,5	2,9	0:04:45	0:04:46	1	0,81	0,86	70	-0,3	0,7	0:09:55	0:09:56	1	0,19	0,25
21	-3,2	3,6	0:04:46	0:04:46	0	0,00	0,00	71	-0,2	0,6	0:10:29	0:10:30	1	0,17	0,22
22	-3,3	3,7	0:04:46	0:04:48	2	2,06	1,14	72	-0,5	0,9	0:10:30	0:10:38	8	2,00	0,69
23	-3,7	4,1	0:04:48	0:04:49	1	1,14	1,19	73	-0,1	0,5	0:10:45	0:10:45	0	0,00	0,00
24	-4	4,4	0:04:49	0:04:50	1	1,22	1,28	74	-0,4	0,8	0:10:45	0:10:46	1	0,22	0,28
25	-3,9	4,3	0:04:50	0:04:52	2	2,39	1,31	75	-0,5	0,9	0:10:46	0:10:55	9	2,25	0,75
26	-3,8	4,2	0:04:52	0:04:52	0	0,00	0,00	76	-0,3	0,7	0:10:55	0:10:56	1	0,19	0,25
27	-3,7	4,1	0:04:52	0:04:54	2	2,28	1,25	77	0	0,4	0:11:25	0:11:25	0	0,00	0,00
28	-3,6	4	0:04:54	0:04:54	0	0,00	0,00	78	-0,5	0,9	0:11:25	0:11:27	2	0,50	0,36
29	-3,5	3,9	0:04:54	0:04:56	2	2,17	1,19	79	0,1	0,3	0:11:44	0:11:45	1	0,08	0,14
30	-3,4	3,8	0:04:56	0:04:57	1	1,06	1,11	80	-0,4	0,8	0:11:45	0:11:45	0	0,00	0,00
31	-3,2	3,6	0:04:57	0:04:57	0	0,00	0,00	81	-0,5	0,9	0:11:45	0:11:47	2	0,50	0,36
32	-3,1	3,5	0:04:57	0:04:58	1	0,97	1,03	82	-0,6	1	0:11:47	0:11:49	2	0,56	0,39
33	-3	3,4	0:04:58	0:04:59	1	0,94	1,00	83	-0,5	0,9	0:11:49	0:11:52	3	0,75	0,42
34	-2,9	3,3	0:04:59	0:04:59	0	0,00	0,00	84	-0,1	0,5	0:11:59	0:12:00	1	0,14	0,19
35	-2,8	3,2	0:04:59	0:05:00	1	0,89	0,94	85	-0,5	0,9	0:12:00	0:12:00	0	0,00	0,00
36	-2,7	3,1	0:05:00	0:05:01	1	0,86	0,92	86	-0,6	1	0:12:00	0:12:06	6	1,67	0,61
37	-2,8	3,2	0:05:01	0:05:02	1	0,89	0,94	87	-0,5	0,9	0:12:06	0:12:15	9	2,25	0,75
38	-2,5	2,9	0:05:02	0:05:02	0	0,00	0,00	88	-1,1	1,5	0:12:15	0:12:16	1	0,42	0,47
39	-2,1	2,5	0:05:02	0:05:03	1	0,69	0,75	89	-2,3	2,7	0:12:16	0:12:16	0	0,00	0,00
40	-1,6	2	0:05:03	0:05:04	1	0,56	0,61	90	-2,4	2,8	0:12:16	0:12:17	1	0,78	0,83
41	-1	1,4	0:05:04	0:05:04	0	0,00	0,00	91	-3,1	3,5	0:12:17	0:12:18	1	0,97	1,03
42	-0,6	1	0:05:04	0:05:05	1	0,28	0,33	92	-3,7	4,1	0:12:18	0:12:18	0	0,00	0,00
43	-0,4	0,8	0:05:05	0:05:06	1	0,22	0,28	93	-3,9	4,3	0:12:18	0:12:19	1	1,19	1,25
44	0	0,4	0:05:06	0:05:16	10	1,11	0,67	94	-4	4,4	0:12:19	0:12:20	1	1,22	1,28
45	-0,2	0,6	0:05:16	0:05:17	1	0,17	0,22	95	-4,5	4,9	0:12:20	0:12:20	0	0,00	0,00
46	-0,5	0,9	0:05:17	0:05:19	2	0,50	0,36	96	-4,4	4,8	0:12:20	0:12:21	1	1,33	1,39
47	-0,4	0,8	0:05:19	0:05:23	4	0,89	0,44	97	-4,3	4,7	0:12:21	0:12:22	1	1,31	1,36
48	-0,3	0,7	0:05:23	0:05:25	2	0,39	0,31	98	-4,7	5,1	0:12:22	0:12:23	1	1,42	1,47
49	-0,7	1,1	0:05:25	0:05:25	0	0,00	0,00	99	-4,5	4,9	0:12:23	0:12:24	1	1,36	1,42
50	-0,8	1,2	0:05:25	0:05:26	1	0,33	0,39	100	-4,3	4,7	0:12:24	0:12:25	1	1,31	1,36

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Er kWh	ΔEr kWh
101	-4	4,4	0:12:25	0:12:26	1	1,22	1,28	151	-1,6	2	0:14:10	0:14:11	1	0,56	0,61
102	-3,9	4,3	0:12:26	0:12:26	0	0,00	0,00	152	-1,2	1,6	0:14:11	0:14:11	0	0,00	0,00
103	-3,3	3,7	0:12:26	0:12:27	1	1,03	1,08	153	-0,3	0,7	0:14:11	0:14:12	1	0,19	0,25
104	-3,5	3,9	0:12:27	0:12:28	1	1,08	1,14	154	0,2	0,2	0:14:12	0:14:19	7	0,39	0,44
105	-3,1	3,5	0:12:28	0:12:28	0	0,00	0,00	155	0,2	0,2	0:14:27	0:14:35	8	0,44	0,50
106	-2,8	3,2	0:12:28	0:12:29	1	0,89	0,94	156	-0,1	0,5	0:14:35	0:14:36	1	0,14	0,19
107	-2,3	2,7	0:12:29	0:12:30	1	0,75	0,81	157	0,1	0,3	0:14:36	0:14:36	0	0,00	0,00
108	-2	2,4	0:12:30	0:12:31	1	0,67	0,72	158	0,2	0,2	0:14:36	0:14:46	10	0,56	0,61
109	-2,2	2,6	0:12:31	0:12:32	1	0,72	0,78	159	0,1	0,3	0:14:46	0:14:46	0	0,00	0,00
110	-2,1	2,5	0:12:32	0:12:33	1	0,69	0,75	160	-0,1	0,5	0:14:46	0:14:48	2	0,28	0,25
111	-1,9	2,3	0:12:33	0:12:33	0	0,00	0,00	161	-0,2	0,6	0:14:48	0:14:49	1	0,17	0,22
112	-1,8	2,2	0:12:33	0:12:34	1	0,61	0,67	162	-0,5	0,9	0:14:49	0:14:51	2	0,50	0,36
113	-1,6	2	0:12:34	0:12:35	1	0,56	0,61	163	-0,7	1,1	0:14:51	0:14:52	1	0,31	0,36
114	-1,7	2,1	0:12:35	0:12:36	1	0,58	0,64	164	-0,8	1,2	0:14:52	0:14:52	0	0,00	0,00
115	-1,5	1,9	0:12:36	0:12:37	1	0,53	0,58	165	-0,7	1,1	0:14:52	0:14:54	2	0,61	0,42
116	-1,3	1,7	0:12:37	0:12:38	1	0,47	0,53	166	-0,6	1	0:14:54	0:14:56	2	0,56	0,39
117	-1,1	1,5	0:12:38	0:12:38	0	0,00	0,00	167	-0,5	0,9	0:14:56	0:14:57	1	0,25	0,31
118	-0,9	1,3	0:12:38	0:12:39	1	0,36	0,42	168	-0,3	0,7	0:14:57	0:14:57	0	0,00	0,00
119	-0,7	1,1	0:12:39	0:12:40	1	0,31	0,36	169	0	0,4	0:14:57	0:14:58	1	0,11	0,17
120	-0,5	0,9	0:12:40	0:12:40	0	0,00	0,00	170	0,2	0,2	0:14:58	0:14:59	1	0,06	0,11
121	-0,2	0,6	0:12:40	0:12:41	1	0,17	0,22	171	0,3	0,1	0:15:22	0:15:29	7	0,19	0,42
122	-0,1	0,5	0:12:41	0:12:42	1	0,14	0,19	172	0,3	0,1	0:15:35	0:15:35	0	0,00	0,00
123	0	0,4	0:12:42	0:12:43	1	0,11	0,17	173	0,2	0,2	0:15:35	0:15:37	2	0,11	0,17
124	0,2	0,2	0:12:43	0:12:43	0	0,00	0,00	174	0,3	0,1	0:15:37	0:15:42	5	0,14	0,31
125	0,3	0,1	0:13:27	0:13:28	1	0,03	0,08								
126	0	0,4	0:13:28	0:13:34	6	0,67	0,44								
127	-0,3	0,7	0:13:34	0:13:35	1	0,19	0,25								
128	-0,6	1	0:13:35	0:13:36	1	0,28	0,33								
129	-0,9	1,3	0:13:36	0:13:36	0	0,00	0,00								
130	-1,3	1,7	0:13:36	0:13:39	3	1,42	0,64								
131	-1,7	2,1	0:13:39	0:13:40	1	0,58	0,64								
132	-1,8	2,2	0:13:40	0:13:41	1	0,61	0,67								
133	-2,1	2,5	0:13:41	0:13:41	0	0,00	0,00								
134	-2,2	2,6	0:13:41	0:13:42	1	0,72	0,78								
135	-2,1	2,5	0:13:42	0:13:44	2	1,39	0,81								
136	-1,6	2	0:13:44	0:13:44	0	0,00	0,00								
137	-1,5	1,9	0:13:44	0:13:45	1	0,53	0,58								
138	-2,2	2,6	0:13:45	0:13:46	1	0,72	0,78								
139	-2,6	3	0:13:46	0:13:46	0	0,00	0,00								
140	-2,4	2,8	0:13:46	0:13:47	1	0,78	0,83								
141	-1,7	2,1	0:13:47	0:13:48	1	0,58	0,64								
142	-0,8	1,2	0:13:48	0:13:49	1	0,33	0,39								
143	-0,2	0,6	0:13:49	0:13:50	1	0,17	0,22								
144	0	0,4	0:13:50	0:13:51	1	0,11	0,17								
145	0,2	0,2	0:13:51	0:13:51	0	0,00	0,00								
146	0,2	0,2	0:14:00	0:14:01	1	0,06	0,11								
147	0,1	0,3	0:14:01	0:14:03	2	0,17	0,19								
148	0,2	0,2	0:14:03	0:14:05	2	0,11	0,17								
149	0	0,4	0:14:09	0:14:09	0	0,00	0,00								
150	-0,9	1,3	0:14:09	0:14:10	1	0,36	0,42								

Ert kWh	ΔErt kWh	
97,08	77,64	80%

MPR (MW)	MTR (seg)	MoPC (MW)	RelGT	ΔRelGT
5,1	21	0,9	55,09%	0,81

[ANEXO N° 8]

[CHN-Cúa (Tracción)]

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh
1	0,7	0,3	0:02:30	0:02:32	2	0,17	0,19	51	0,5	0,1	0:03:48	0:03:48	0	0,00	0,00
2	0,8	0,4	0:02:32	0:02:33	1	0,11	0,17	52	0,7	0,3	0:03:48	0:03:53	5	0,42	0,36
3	0,9	0,5	0:02:33	0:02:34	1	0,14	0,19	53	0,6	0,2	0:04:10	0:04:11	1	0,06	0,11
4	1,3	0,9	0:02:34	0:02:35	1	0,25	0,31	54	0,7	0,3	0:04:11	0:04:17	6	0,50	0,42
5	1,6	1,2	0:02:35	0:02:35	0	0,00	0,00	55	0,5	0,1	0:05:48	0:05:49	1	0,03	0,08
6	1,7	1,3	0:02:35	0:02:36	1	0,36	0,42	56	0,6	0,2	0:05:49	0:05:53	4	0,22	0,28
7	1,9	1,5	0:02:36	0:02:37	1	0,42	0,47	57	0,5	0,1	0:05:53	0:05:54	1	0,03	0,08
8	2,1	1,7	0:02:37	0:02:38	1	0,47	0,53	58	0,5	0,1	0:05:55	0:06:00	5	0,14	0,31
9	2,4	2	0:02:38	0:02:38	0	0,00	0,00	59	0,6	0,2	0:06:00	0:06:01	1	0,06	0,11
10	2,6	2,2	0:02:38	0:02:39	1	0,61	0,67	60	0,7	0,3	0:06:01	0:06:04	3	0,25	0,25
11	2,9	2,5	0:02:39	0:02:40	1	0,69	0,75	61	0,6	0,2	0:06:04	0:06:11	7	0,39	0,44
12	3,1	2,7	0:02:40	0:02:40	0	0,00	0,00	62	0,7	0,3	0:06:11	0:06:32	21	1,75	1,25
13	3,3	2,9	0:02:40	0:02:41	1	0,81	0,86	63	0,8	0,4	0:06:32	0:06:32	0	0,00	0,00
14	3,1	2,7	0:02:41	0:02:42	1	0,75	0,81	64	1,1	0,7	0:06:32	0:06:33	1	0,19	0,25
15	3	2,6	0:02:42	0:02:43	1	0,72	0,78	65	1,5	1,1	0:06:33	0:06:34	1	0,31	0,36
16	3,3	2,9	0:02:43	0:02:43	0	0,00	0,00	66	1,9	1,5	0:06:34	0:06:35	1	0,42	0,47
17	3,7	3,3	0:02:43	0:02:44	1	0,92	0,97	67	2,2	1,8	0:06:35	0:06:35	0	0,00	0,00
18	4,3	3,9	0:02:44	0:02:45	1	1,08	1,14	68	2,6	2,2	0:06:35	0:06:36	1	0,61	0,67
19	4,6	4,2	0:02:45	0:02:45	0	0,00	0,00	69	2,9	2,5	0:06:36	0:06:37	1	0,69	0,75
20	4,9	4,5	0:02:45	0:02:46	1	1,25	1,31	70	3,3	2,9	0:06:37	0:06:38	1	0,81	0,86
21	4,4	4	0:02:46	0:02:47	1	1,11	1,17	71	3,6	3,2	0:06:38	0:06:38	0	0,00	0,00
22	4	3,6	0:02:47	0:02:48	1	1,00	1,06	72	4	3,6	0:06:38	0:06:39	1	1,00	1,06
23	3,8	3,4	0:02:48	0:02:48	0	0,00	0,00	73	4,3	3,9	0:06:39	0:06:40	1	1,08	1,14
24	3,9	3,5	0:02:48	0:02:49	1	0,97	1,03	74	4,6	4,2	0:06:40	0:06:40	0	0,00	0,00
25	4	3,6	0:02:49	0:02:50	1	1,00	1,06	75	4,9	4,5	0:06:40	0:06:41	1	1,25	1,31
26	4,2	3,8	0:02:50	0:02:50	0	0,00	0,00	76	5,2	4,8	0:06:41	0:06:42	1	1,33	1,39
27	4,3	3,9	0:02:50	0:02:51	1	1,08	1,14	77	5,5	5,1	0:06:42	0:06:43	1	1,42	1,47
28	4,4	4	0:02:51	0:02:53	2	2,22	1,22	78	5,7	5,3	0:06:43	0:06:43	0	0,00	0,00
29	4,3	3,9	0:02:53	0:02:54	1	1,08	1,14	79	5,8	5,4	0:06:43	0:06:44	1	1,50	1,56
30	4,2	3,8	0:02:54	0:02:55	1	1,06	1,11	80	5,7	5,3	0:06:44	0:06:45	1	1,47	1,53
31	4,1	3,7	0:02:55	0:02:56	1	1,03	1,08	81	5,5	5,1	0:06:45	0:06:45	0	0,00	0,00
32	4	3,6	0:02:56	0:02:57	1	1,00	1,06	82	5,2	4,8	0:06:45	0:06:46	1	1,33	1,39
33	3,9	3,5	0:02:57	0:02:58	1	0,97	1,03	83	5	4,6	0:06:46	0:06:47	1	1,28	1,33
34	3,8	3,4	0:02:58	0:02:59	1	0,94	1,00	84	4,9	4,5	0:06:47	0:06:48	1	1,25	1,31
35	3,7	3,3	0:02:59	0:03:01	2	1,83	1,03	85	4,8	4,4	0:06:48	0:06:48	0	0,00	0,00
36	3,6	3,2	0:03:01	0:03:02	1	0,89	0,94	86	4,7	4,3	0:06:48	0:06:49	1	1,19	1,25
37	3,5	3,1	0:03:02	0:03:03	1	0,86	0,92	87	4,6	4,2	0:06:49	0:06:50	1	1,17	1,22
38	3,4	3	0:03:03	0:03:05	2	1,67	0,94	88	4,5	4,1	0:06:50	0:06:50	0	0,00	0,00
39	3,3	2,9	0:03:05	0:03:06	1	0,81	0,86	89	4,4	4	0:06:50	0:06:51	1	1,11	1,17
40	3,2	2,8	0:03:06	0:03:08	2	1,56	0,89	90	4,3	3,9	0:06:51	0:06:53	2	2,17	1,19
41	3,1	2,7	0:03:08	0:03:10	2	1,50	0,86	91	4,2	3,8	0:06:53	0:06:53	0	0,00	0,00
42	3	2,6	0:03:10	0:03:13	3	2,17	0,89	92	4,1	3,7	0:06:53	0:06:55	2	2,06	1,14
43	2,7	2,3	0:03:13	0:03:13	0	0,00	0,00	93	4	3,6	0:06:55	0:06:56	1	1,00	1,06
44	1,5	1,1	0:03:13	0:03:14	1	0,31	0,36	94	3,9	3,5	0:06:56	0:06:58	2	1,94	1,08
45	0,9	0,5	0:03:14	0:03:15	1	0,14	0,19	95	3,8	3,4	0:06:58	0:07:00	2	1,89	1,06
46	0,7	0,3	0:03:15	0:03:21	6	0,50	0,42	96	3,7	3,3	0:07:00	0:07:01	1	0,92	0,97
47	0,8	0,4	0:03:21	0:03:22	1	0,11	0,17	97	3,6	3,2	0:07:01	0:07:03	2	1,78	1,00
48	0,6	0,2	0:03:33	0:03:33	0	0,00	0,00	98	3,5	3,1	0:07:03	0:07:05	2	1,72	0,97
49	0,7	0,3	0:03:33	0:03:37	4	0,33	0,31	99	3,4	3	0:07:05	0:07:08	3	2,50	1,00
50	0,6	0,2	0:03:37	0:03:38	1	0,06	0,11	100	3,3	2,9	0:07:08	0:07:10	2	1,61	0,92

	PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh		PTn MW	PCn MW	tn	tn+1	Δt1 seg	Etr kWh	ΔEtr kWh
101	3,2	2,8	0:07:10	0:07:12	2	1,56	0,89	151	1,9	1,5	0:13:03	0:13:04	1	0,42	0,47
102	3,1	2,7	0:07:12	0:07:14	2	1,50	0,86	152	2,3	1,9	0:13:04	0:13:04	0	0,00	0,00
103	3	2,6	0:07:14	0:07:15	1	0,72	0,78	153	2,7	2,3	0:13:04	0:13:05	1	0,64	0,69
104	2,9	2,5	0:07:15	0:07:16	1	0,69	0,75	154	3	2,6	0:13:05	0:13:06	1	0,72	0,78
105	1,7	1,3	0:07:16	0:07:16	0	0,00	0,00	155	3,4	3	0:13:06	0:13:06	0	0,00	0,00
106	0,9	0,5	0:07:16	0:07:17	1	0,14	0,19	156	3,6	3,2	0:13:06	0:13:07	1	0,89	0,94
107	0,7	0,3	0:07:17	0:07:33	16	1,33	0,97	157	3,5	3,1	0:13:07	0:13:08	1	0,86	0,92
108	0,6	0,2	0:07:33	0:07:34	1	0,06	0,11	158	3,6	3,2	0:13:08	0:13:08	0	0,00	0,00
109	0,7	0,3	0:07:41	0:07:49	8	0,67	0,53	159	3,9	3,5	0:13:08	0:13:09	1	0,97	1,03
110	0,6	0,2	0:07:54	0:07:54	0	0,00	0,00	160	4,2	3,8	0:13:09	0:13:10	1	1,06	1,11
111	0,7	0,3	0:07:54	0:07:57	3	0,25	0,25	161	4,6	4,2	0:13:10	0:13:11	1	1,17	1,22
112	1,8	1,4	0:07:57	0:07:58	1	0,39	0,44	162	4,9	4,5	0:13:11	0:13:11	0	0,00	0,00
113	2,6	2,2	0:07:58	0:07:58	0	0,00	0,00	163	5,3	4,9	0:13:11	0:13:12	1	1,36	1,42
114	2,8	2,4	0:07:58	0:07:59	1	0,67	0,72	164	5,8	5,4	0:13:12	0:13:13	1	1,50	1,56
115	2,9	2,5	0:07:59	0:08:07	8	5,56	1,14	165	6	5,6	0:13:13	0:13:14	1	1,56	1,61
116	2,8	2,4	0:08:07	0:08:11	4	2,67	0,89	166	6,1	5,7	0:13:14	0:13:14	0	0,00	0,00
117	2,9	2,5	0:08:11	0:08:12	1	0,69	0,75	167	5,9	5,5	0:13:14	0:13:15	1	1,53	1,58
118	2,8	2,4	0:08:12	0:08:15	3	2,00	0,83	168	6	5,6	0:13:15	0:13:16	1	1,56	1,61
119	2,9	2,5	0:08:15	0:08:26	11	7,64	1,31	169	6,1	5,7	0:13:16	0:13:18	2	3,17	1,69
120	2,8	2,4	0:08:26	0:08:29	3	2,00	0,83	170	5,1	4,7	0:13:18	0:13:19	1	1,31	1,36
121	2,9	2,5	0:08:29	0:08:31	2	1,39	0,81	171	3	2,6	0:13:19	0:13:19	0	0,00	0,00
122	2,8	2,4	0:08:31	0:08:32	1	0,67	0,72	172	1,5	1,1	0:13:19	0:13:20	1	0,31	0,36
123	2,9	2,5	0:08:32	0:08:49	17	11,81	1,64	173	0,7	0,3	0:13:20	0:13:27	7	0,58	0,47
124	3	2,6	0:08:49	0:09:03	14	10,11	1,50	174	0,5	0,1	0:13:52	0:13:52	0	0,00	0,00
125	2,6	2,2	0:09:03	0:09:04	1	0,61	0,67	175	0,7	0,3	0:13:52	0:13:59	7	0,58	0,47
126	1,4	1	0:09:04	0:09:04	0	0,00	0,00	176	0,6	0,2	0:13:59	0:14:00	1	0,06	0,11
127	0,8	0,4	0:09:04	0:09:05	1	0,11	0,17	177	0,5	0,1	0:14:05	0:14:06	1	0,03	0,08
128	0,7	0,3	0:09:05	0:09:50	45	3,75	2,58	178	0,7	0,3	0:14:06	0:14:09	3	0,25	0,25
129	0,6	0,2	0:09:56	0:09:57	1	0,06	0,11	179	0,7	0,3	0:14:19	0:14:26	7	0,58	0,47
130	0,7	0,3	0:09:57	0:10:29	32	2,67	1,86	180	0,6	0,2	0:14:26	0:14:26	0	0,00	0,00
131	0,6	0,2	0:10:38	0:10:38	0	0,00	0,00	181	0,7	0,3	0:14:59	0:15:13	14	1,17	0,86
132	0,7	0,3	0:10:38	0:10:44	6	0,50	0,42	182	0,5	0,1	0:15:13	0:15:15	2	0,06	0,14
133	0,8	0,4	0:10:44	0:10:45	1	0,11	0,17	183	0,7	0,3	0:15:15	0:15:22	7	0,58	0,47
134	0,7	0,3	0:10:56	0:11:05	9	0,75	0,58	184	0,5	0,1	0:15:22	0:15:22	0	0,00	0,00
135	1,4	1	0:11:05	0:11:06	1	0,28	0,33	185	0,5	0,1	0:15:45	0:15:45	0	0,00	0,00
136	2,5	2,1	0:11:06	0:11:07	1	0,58	0,64	186	0,6	0,2	0:15:45	0:15:46	1	0,06	0,11
137	2,9	2,5	0:11:07	0:11:08	1	0,69	0,75	187	0,7	0,3	0:15:46	0:15:48	2	0,17	0,19
138	3	2,6	0:11:08	0:11:17	9	6,50	1,22								
139	2,9	2,5	0:11:17	0:11:22	5	3,47	0,97								
140	2,5	2,1	0:11:22	0:11:23	1	0,58	0,64								
141	1,3	0,9	0:11:23	0:11:24	1	0,25	0,31								
142	0,9	0,5	0:11:24	0:11:24	0	0,00	0,00								
143	0,7	0,3	0:11:24	0:11:25	1	0,08	0,14								
144	0,7	0,3	0:11:28	0:11:44	16	1,33	0,97								
145	0,7	0,3	0:11:53	0:11:59	6	0,50	0,42								
146	0,5	0,1	0:12:43	0:12:44	1	0,03	0,08								
147	0,7	0,3	0:12:44	0:13:01	17	1,42	1,03								
148	0,8	0,4	0:13:01	0:13:01	0	0,00	0,00								
149	1,2	0,8	0:13:01	0:13:02	1	0,22	0,28								
150	1,6	1,2	0:13:02	0:13:03	1	0,33	0,39								

Total

EtrT KWh	ΔEtrT KWh	
176,22	119,72	68%

MPT (MW)	MTT (seg)	MoPC (MW)
5,7	45	0,3