ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS Y COMERCIALES DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA MILAGRO C.A.- EEMCA.

William Castañeda Ordoñez[1], Miguel González Bravo[2], Nelson Torres Quizhpe[3], Adolfo Salcedo Guerrero[4]

[1]Ingeniero Eléctrico en Potencia 2006
[2]Ingeniero Eléctrico en Potencia 2006
[3]Ingeniero Eléctrico en Potencia 2006
[4]Director del Tópico, Ingeniero Eléctrico en Potencia, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1976, Master Electrical Engineering, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York.- USA 1979, Master en Administración de Empresas, ESPAE 2000, Profesor de la ESPOL desde 1980

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis de pérdidas técnicas en las diferentes etapas del sistema, así como las pérdidas no técnicas que tiene la Empresa Eléctrica Milagro; a fin de establecer soluciones adecuadas para reducir y controlar estas pérdidas. Inicialmente se realiza un estudio general de la empresa, referente a su estructura técnica y organizacional, además de su actual situación energética.

Con el propósito de establecer alternativas para reducir estas pérdidas se procede a cuantificarlas, determinando las pérdidas técnicas mediante cálculos y aproximaciones; y las pérdidas no técnicas mediante un balance energético.

Luego se plantean métodos para reducir las pérdidas técnicas y comerciales de la empresa y con un análisis costo-beneficio se determina el orden de prioridad que deben tener. Finalmente se realiza un estudio administrativo y económico de un proceso comercial importante de la Empresa Eléctrica Milagro C.A para mejorar su eficiencia.

SUMMARY

The objective of the present work is to carry out an analysis of technical losses in the different stages of the system, as well as the non technical losses that has the Empresa Eléctrica Milagro; in order to establish appropriate solutions to reduce and to control these losses. Initially we realized a general study of the company, with respect to their technical and organizational structure, besides their current energy situation.

With the purpose of establishing alternatives to reduce these losses you proceeds to quantify them, determining the technical losses by means of calculations and approaches; and the non technical losses by means of an energy balance.

Then they think about methods to reduce the technical and commercial losses of the company and with an analysis cost-benefit the order of priority is determined that should have. Finally we realized an administrative and economic study of an important commercial process of the Company Electric Miracle C.A to improve its efficiency.

INTRODUCCIÓN

El elevado nivel de pérdidas de energía que presentan las empresas eléctricas nos hace deducir la falta de eficacia y el desorden administrativo que tienen las empresas, debido a que no existe un control adecuado de los programas de reducción de pérdidas.

Uno de los factores que ponen en evidencia el incremento de las pérdidas, tanto técnicas como las no técnicas es la falta de inversión en los sistemas de distribución y comercialización que conduce a un deterioro en la calidad de servicio que se presta.

El control de las pérdidas de energía eléctrica debe ser una preocupación permanente de todos los departamentos de una empresa y no solo de algún departamento específico al que se disponga como estratégicamente responsable de esta función. Una gestión eficiente y la optimización de recursos deben ser una preocupación y una función generalizada en todos los sectores de la empresa.

CONTENIDO

CAPITULO II
PÉRDIDAS TÉCNICAS

La determinación de las pérdidas técnicas de potencia y energía del Sistema Eléctrico Milagro, se realizó por etapas funcionales del sistema. Dividiéndose en sistema de subtransmisión, alimentadores primarios, transformadores de distribución, circuitos secundarios, alumbrado público, medidores y acometidas.

Cálculo de pérdidas en el sistema de subtransmisión.
Para la determinación de las pérdidas de potencia y energía en las líneas de subtransmisión y transformadores de las subestaciones de distribución se consideró el periodo entre julio del 2004 y junio del 2005, tomando como meses representativos para el estudio octubre y diciembre del 2004; y, mayo y junio del 2005. Las pérdidas de potencia en líneas y transformadores para un día del mes de junio del 2005 se presentan en la tabla I.

Tabla I. Pérdidas de potencia en líneas y transformadores del sistema eléctrico Milagro.

HORA	Generación Total (MW)	Carga total (MW)	Pérdidas en líneas (MW)	Transformadores		Pérdidas totales (MW)
				Pérdidas cobre (MW)	Pérdidas vacío (MW)	
01:00 - 04:00	31,478	30,830	0,481	0,049	0,119	0,648
05:00 - 06:00	32,100	31,410	0,521	0,050	0,119	0,690
07:00 - 08:00	32,038	31,350	0,520	0,050	0,119	0,688
09:00 - 11:00	32,862	32,150	0,540	0,053	0,119	0,712
12:00 - 15:00	32,379	31,700	0,508	0,052	0,119	0,679
16:00	32,862	32,150	0,540	0,053	0,119	0,712
17:00 - 18.00	33,168	32,450	0,546	0,054	0,119	0,718
19:00 - 20:00	57,878	55,850	1,747	0,163	0,119	2,028
21:00	57,266	55,270	1,719	0,158	0,119	1,996
22:00	56,516	54,560	1,682	0,155	0,119	1,956
23.00 - 00:00	31,844	31,180	0,496	0,050	0,119	0,664

Cálculo de pérdidas en el sistema de distribución primario.
Para calcular las pérdidas en las líneas primarias se determinó una muestra de alimentadoras del sistema, clasificándolas de acuerdo al tipo de abonados que sirven (Urbana, Rural y Urbana - Rural).. El sistema de distribución primaria tiene 37 alimentadoras que arrancan de diferentes subestaciones que pertenecen a la empresa. Los resultados obtenidos en la muestra son extrapolados a todo el sistema de distribución primaria de la Empresa Eléctrica Milagro y se muestran en la tabla II.

Tabla II. Pérdidas de energía del mes de junio del 2005 de los alimentadores del sistema eléctrico Milagro

SUBESTACION	# DE ALIMENTADORES	Demanda máxima (MW)	Demanda Energía (MWH)	Pérdidas energía (MWH)	Pérdidas (%)
SUR	5	12,1	5760,0	110,4	1,9
NORTE	4	7,5	3167,8	80,8	2,5
MONTERO	5	6,9	3101,1	30,4	1,0
PUERTO INCA	3	3,4	1542,7	24,5	1,6
NARANJAL	4	4,0	1478,1	28,5	1,9
TRONCAL	4	4,8	2279,4	20,3	0,9
BUCAY	4	4,3	1952,4	43,8	2,2
TRIUNFO	3	5,7	2694,4	174,4	6,5
MARCELINO M.	5	10,2	3426,0	94,5	2,8
YAGUACHI	2	2,2	951,2	9,2	1,0
TOTAL			**26353,1**	**616,7**	**2,3**

Cálculo de pérdidas en los transformadores de distribución.
Para determinar las pérdidas en los transformadores de distribución se toma en consideración el número de transformadores que se seleccionaron por cada alimentador que se escogió como muestra para el cálculo de las pérdidas en las líneas primarias. Los resultados obtenidos son extrapolados al sistema total de transformadores de distribución de la empresa y se presentan en la tabla III.

Tabla III. Pérdidas de energía para el mes de junio del 2005 del sistema total de transformadores de la EEMCA.

SUBESTACION	# DE ALIMENTADORES	Demanda máxima (MW)	Demanda Energía (MWH)	Pérdidas energía (MWH)	Pérdidas (%)
SUR	5	12115,2	5760,0	56,1	1,0
NORTE	4	7449,2	3185,9	32,1	1,0
MONTERO	5	6886,0	3101,1	31,5	1,0
PUERTO INCA	3	3385,2	1542,7	15,8	1,0
NARANJAL	4	3990,0	1478,1	19,1	1,3
TRONCAL	4	4838,4	2279,4	20,7	0,9
BUCAY	4	4340,7	1952,4	21,0	1,1
TRIUNFO	3	5661,5	2694,4	25,7	1,0
MARCELINO M.	5	10184,4	3426,0	29,0	0,8
YAGUACHI	2	2203,2	951,2	9,7	1,0
TOTAL			**26371,2**	**260,6**	**1,0**

Cálculo de pérdidas en los circuitos secundarios.
La metodología para el calculo de pérdidas de potencia y energía en circuitos secundarios está dirigida hacia circuitos secundarios radiales las misma que están constituidas por secciones de poste a poste, en cada una de estas secciones la carga se encuentra al final de cada sección.
En la tabla IV se presenta las pérdidas totales de potencia de los circuitos secundarios del sistema.

Tabla IV. Pérdidas de potencia de los circuitos secundarios del sistema.

Perdidas muestra (KW)	Longitud muestra (m)	Pérdidas/ longitud. (KW/m)	Longitud total Sistema (m)	Pérdidas sistema Total (KW)
12,968	10885,00	0,001191	815240	971,234

Las pérdidas de energía para el mes de Junio del 2005 del sistema total de circuitos secundarios de la EEMCA se presentan en la tabla V

Tabla V. Pérdidas de energía para el mes de junio del 2005 del sistema total de circuitos secundarios de la EEMCA

Pérdidas (MWH)	E. Sistema (MWH)	Pérdidas Energía %
356,637	26443,93	1,35

Cálculo de pérdidas en los sistemas de medición.

Para el cálculo de pérdidas en los sistemas de medición se consideran las pérdidas en las acometidas y en los medidores en forma individual.

En la tabla VI se presenta las pérdidas totales de potencia de las acometidas del sistema.

Tabla VI. Pérdidas de potencia en las acometidas del sistema.

Perdidas muestra (KW)	# Abonados muestra	Pérdidas/ Abonados. (KW/Abon.)	# Abonados total Sistema	Pérdidas sistema Total (KW)
1,782	995,00	0,001791	98968	177,226

En la tabla VII se presentan las pérdidas de potencia en los medidores del sistema total de la EEMCA.

Tabla VII. Pérdidas de potencia en los medidores del sistema total de la EEMCA.

Tipo de Medidor	# de medidores	Incidencia	Pérdidas potencia (KW)
Monofásico 2h	89.071	0,900	106,885
Monofásico 3h	9.303	0,094	22,327
Trifásico	594	0,006	1,425
		TOTAL	**130,638**

Las pérdidas de energía para el mes de junio del 2005 del total de acometidas se presentan en la tabla VIII.

Tabla VIII. Pérdidas de energía para el mes de junio del 2005 de las acometidas del sistema.

Pérdidas (MWH)	E. Sistema (MWH)	Pérdidas E. %
65,077	26.443,93	0,25

En la tabla IX se presentan las pérdidas de energía en los medidores para el mes de junio del 2005.

Tabla IX. Pérdidas de energía en los medidores para el mes de junio del 2005

Pérdidas (MWH)	E. Sistema (MWH)	Pérdidas E. %
94,06	26.443,93	0,36

Cálculo de pérdidas en el alumbrado público.

Las pérdidas totales de potencia para cada tipo de luminaria será la suma entre la pérdida en sus accesorios y la pérdida de potencia en el cable. Con las pérdidas de potencia total de alumbrado público y tomando en consideración una operación promedio de 12 horas de cada luminaria se determinan las pérdidas de energía. En la tabla X se presentan las pérdidas de energía del sistema de alumbrado público del mes de junio del 2005.

Tabla X. Pérdidas de energía del sistema de Alumbrado público del mes de junio del 2005

Pérdidas (MWH)	Energía Sistema (MWH)	% Pérdidas
270,6	26.443,93	1,02

CAPITULO III
PERDIDAS NO TÉCNICAS

Determinación de las pérdidas no técnicas.

Las pérdidas de energía no técnicas del sistema para un periodo de tiempo específico se las determina mediante la diferencia entre la energía que fue entregada al sistema, la energía facturada por la empresa y las pérdidas técnicas de energía calculadas del sistema. Esta operación es realizada mediante un balance energético.

Balance energético.

Con la finalidad de establecer el valor de las pérdidas de energía no técnicas en la Empresa Eléctrica Milagro se considera la energía disponible, la energía facturada y la energía de pérdidas técnicas de todo el sistema. Para realizar el balance energético se ha escogido el mes de Junio del 2005.

Los resultados del balance de energía de la Empresa Eléctrica Milagro, para el mes de Junio del 2005 se presentan en la tabla XI.

Tabla XI. Balance de energía de la EEMCA.

TIPO	ENERGIA	
	MWH/MES	%
Energía facturada	16.140,06	59,52
Energía de pérdidas técnicas	2.335,99	8,61
Energía de pérdidas no técnicas	8.640,15	31,86
Energía disponible	27.116,20	100

CAPITULO IV
METODOS PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA MILAGRO.

Métodos de reducción de pérdidas técnicas.

Se determinaron métodos de reducción de pérdidas en los alimentadores primarios, transformadores de distribución y circuitos secundarios.

Para reducir las pérdidas técnicas en los alimentadores primarios se pueden considerar varias soluciones que pueden ser las siguientes: incremento de calibre de conductor, instalación de capacitores y balancear la carga.
Las pérdidas en los transformadores de distribución se las puede reducir optimizando su capacidad, determinando el rango de mejor rendimiento, intercambiando transformadores que se encuentren sobrecargados por aquellos que están sobredimensionados.
Para reducir las pérdidas en los circuitos secundarios se pueden realizar dos soluciones que son: cambio de conductor y la ubicación de los transformadores de distribución en el centro de carga del circuito.
En la tabla XII se presentan los métodos de reducción de pérdidas técnicas.

Tabla XII. Métodos de reducción de pérdidas técnicas

	Método	**Energía recuperada (MWH)**	**Energía recuperada (%)**	**Energía Recuperada (USD)**	**Costo (USD)**
Pérdidas técnicas	**Alimentadores primarios**				
	Cambio de conductor	25,3	0,63	2403,5	152984,9
	Instalar capacitores	15,2	0,38	1444	42558,1
	Balancear la carga	5,6	0,14	532	3191,5
	Transformadores distribución				
	Cambio de capacidad	2,3	0,06	218,5	19871,1
	Circuitos secundarios				
	Cambio de conductor	1,6	0,04	152	34758,3
	Ubicación óptima transformador	1,2	0,03	114	3576,9
	Total	**51,2**	**1,27**	**4.864**	**256.940,8**

Métodos de reducción de pérdidas no técnicas.

Se determinaron métodos de reducción de pérdidas en el área comercial y administrativo realizando la instalación de redes antihurto, inspecciones en los sistemas de medición e intensificando cortes masivos.
La instalación de redes antihurto permite eliminar la conexiones ilegales, las conexiones clandestinas y las no identificadas.
Este método tiene como objetivo concretar en el corto plazo la normalidad del consumo de energía en aquellos medidores en donde de detecten fraude por parte de los usuarios.
Podemos considerar este método como reducción de pérdidas aunque no se pueda recuperar la energía que se esta perdiendo, sino que se recupera parte de la cartera vencida que existe en la empresa.
En la tabla XIII se presentan los métodos de reducción de pérdidas no técnicas.

Tabla XIII. Métodos de reducción de pérdidas no técnicas

	Método	**Energía recuperada (MWH)**	**Energía recuperada (%)**	**Energía Recuperada (USD)**	**Costo (USD)**
Pérdidas no técnicas	**Área Comercial y administrativa**				
	instalar redes antihurto	15	0,37	1350	30208
	Inspección en sistemas de medición	20.1	0,5	1917	4985
	Intensificar cortes masivos	---	---	6988	2648
	Total	**35,1**	**0,87**	**10.255**	**37.841**

CAPITULO V
ESTUDIO ADMINISTRATIVO Y ECONÓMICO DEL PROCESO DE CONTRATACIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA MILAGRO.

Análisis del proceso de contratación e instalación.
El proceso de contratación e instalación se inicia cuando el cliente se acerca a las oficinas de la EEMCA a solicitar el servicio, presentando los documentos exigidos y elaborando la solicitud de servicio, y finaliza con la instalación del medidor por parte del departamento de medidores.

Análisis de eficiencia del proceso de contratación e instalación.
La eficiencia del proceso actual que maneja la EEMCA se la determina mediante la relación del tiempo de operación del proceso y el tiempo total de ejecución del proceso.
En la tabla XIV se presenta un resumen de las actividades del proceso, el número de actividades y el tiempo promedio de duración.

Tabla XIV. Resumen de las actividades del proceso.

Actividad	Símbolo	Numero de pasos	Tiempo promedio (min.)
Operación	●	8	875
Transporte	→	1	45
Demora	**D**	4	3500
Inspección	■	1	480
Almacenaje	▼	-	-

La eficiencia del proceso de contratación e instalación de nuevo servicio actual de la Empresa Eléctrica Milagro es:

$$EFICIENCIA = 17.9\%$$

Reingeniería del proceso de contratación de la empresa eléctrica Milagro c. A.
Los resultados que se espera alcanzar con la reingeniería de proceso son:

- Reducir el nivel de pérdidas administrativas.
- Mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de contratación.
- Mejorar la orientación hacia el cliente.
- Crear en los trabajadores conciencia de alcanzar los objetivos.

Proceso de contratación mejorado y calculo de la eficiencia.
El proceso de contratación e instalación propuesto tiene como objetivo eliminar o reducir al mínimo todos los desperdicios de tiempo señalados anteriormente. Después de reducir al mínimo o eliminar estos pasos, de ser posible mejorar los pasos de operación. La eficiencia del proceso de contratación mejorado es:

Eficiencia = 73.8%

Análisis costo-beneficio.
Para evaluar en forma correcta los beneficios financieros del plan se consideran los costos que tiene la empresa debido al proceso de contratación y la energía dejada de facturar debido al tiempo de ejecución del proceso con el que cuenta la empresa actualmente; y los mismos costos que demandan el proceso de contratación propuesto.

Los ahorros financieros y de energía se determinan mediante la diferencia entre la energía no facturada del proceso actual y del proceso propuesto, más el ahorro que representa el tiempo de ejecución de ambos procesos. Estos ahorros se presentan en la tabla XV.

Tabla XV. Ahorros debido al proceso de contratación e instalación propuesto.

Proceso de contratación	Energía no facturada		Costo para la empresa
	KWH	$	$
Actual	46526,0	4708,4	22232,3
Propuesto	9733,5	985,0	14700,0
Ahorros	**36792,5**	**3723,4**	**7532,3**

CONCLUSIONES.

1. En el plan de reducción de pérdidas técnicas en alimentadores primarios, el método que produce mayor reducción de pérdidas de energía y recuperación financiera es el balanceo de carga; ya que se obtiene menor pérdidas en las fases con sobrecarga y el costo de inversión solo involucra gastos de operación, en comparación con los demás métodos.

2. Programas de reducción de pérdidas técnicas tales como incremento de subestaciones para acortar longitudes en alimentadores primarios y cambio de conductor para la disminución de la resistencia eléctrica son los que producen mayor ahorro de potencia y energía, pero su rentabilidad financiera en muy baja por las grandes inversiones que se tiene que efectuar.

3. La reducción de pérdidas no técnicas incide en forma directa en el mejoramiento de la calidad y eficiencia de los sistemas administrativos de la empresa y a su vez la eficacia técnica para el control del incremento de pérdidas no técnicas en el área social.

4. Uno de los problemas principales para el incremento de pérdidas no técnicas es la facilidad para el hurto o fraude de energía debido a la falta de presencia de personal de la empresa en la calle, lo que genera en los usuarios un abuso total en el manipuleo de las redes, instalaciones y mediciones.

5. Los programas de control y reducción de pérdidas no técnicas son rentables, ya que mejorando los procesos administrativos se obtendría una recuperación energética y financiera, recurriendo a inversiones iniciales bajas en un período de recuperación a corto plazo.

6. En la reducción de pérdidas no técnicas en el área administrativa de la EEMCA se debería realizar con énfasis planes de mejoramiento a procesos administrativos que tienen un bajo nivel de eficiencia y un elevado costo que representa para la empresa, lo que significa un desperdicio de recursos tanto humano como económico.

7. Las pérdidas de energía por fraude, hurto y de gestión administrativa es un problema de muy difícil solución; mientras no se realice un cambio estructural dentro de la organización y de la mentalidad y cultura de cada integrante de esta no se obtendrán resultados significativos por muy buenas que sean las acciones y procedimientos que se planteen para reducirlas.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Ing. Mario Luis Martín – Ing. Orlando Héctor Ramati, Pérdidas de energía en la distribución – CIER,

2. John J. Grainger – William D. Stevenson, Análisis de sistemas de potencia, (5ta Edición,North Carolina State , Mc Graw – Hill, 2000), pp. 310 - 357

3. Load characteristics, Vol. 2 (Westinghouse Distribution Systems)

4. Protocolo de prueba de transformadores, (Ecuatran S.A., junio 2005)

5. Ing. Juan Antonio Yebra Morón Compensación de potencia reactiva en sistemas eléctricos, (1ra México, Mc Graw – Hill, 1987), pp. 63 - 108

6. Ing. Luis María Checa, Líneas de transporte de energía, (1ra España - Barcelona, Marcombo, 1973), pp. 73 - 115

7. Empresa Eléctrica Riobamba S.A. – EERSA, Manual de pérdidas técnicas de energía eléctrica, revista de pérdidas técnicas (junio 2005)

8. Ing. Manuel Carranza Arévalo, agosto 2004, transformers losses test, Asea Brown Boveri S.A.-ABB, http://www.abb.com/pe

9. Daniel Morris – Joel Brandon. Reingeniería, Cómo aplicarla con éxito en los negocios, (1ra Edición, Colombia, Mc Graw – Hill, 1993), pp. 173 - 213