

## Procedimiento para el rediseño de circuitos de subtransmisión

### Procedure for the redesign of subtransmission circuits

**Raydis Hernández Pérez<sup>1</sup>, Narciso Abel Piñeiro Rodríguez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Empresa Eléctrica Mayabeque, Cuba

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de La Habana, José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Correo electrónico: [raydis@elecmbq.une.cu](mailto:raydis@elecmbq.une.cu)

Este documento posee una licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional 

Recibido: 13 de diciembre de 2018    Aprobado: 6 de marzo de 2019

#### Resumen

La investigación se realizó en la Empresa Eléctrica Mayabeque, encargada de transmitir, distribuir y comercializar la energía eléctrica a todos los sectores del país. Se diagnostica el problema fundamental de la organización, el incremento de las afectaciones al servicio eléctrico y se argumentan las cinco debilidades que mayor incidencia reflejan en el cumplimiento de su misión. Como resultado del trabajo se proyecta el rediseño de circuitos de subtransmisión partiendo del análisis de los datos y mediciones existentes de cada circuito, identificando aquellos con mayores dificultades, estos se incorporan a la planificación de acciones de mantenimiento encaminadas a la rehabilitación de las redes que permiten reducir las interrupciones del servicio eléctrico, disminuir las pérdidas de energía y mejorar los parámetros de calidad del servicio, lo cual se controlara con el análisis de los indicadores de eficiencia generando un plan de mejoras continuas de las redes.

Palabras claves: servicio eléctrico, pérdidas eléctricas, circuitos de subtransmisión

#### Abstract

The investigation was carried out at the electricity company Mayabeque, responsible for transmitting, distributing and marketing electricity to all sectors of the country. The fundamental problem of the organization is diagnosed, the increase in the effects on the electric service and the five weaknesses that reflect the highest incidence in the fulfillment of its mission are based. As a result of the work, the redesign of subtransmission circuits is projected starting from the analysis of the existing data and measurements of each circuit, identifying those with greater difficulties, these are incorporated into the planning of maintenance actions aimed at the rehabilitation of the networks that allow reduce the interruptions of the electric service, decrease the energy losses and improve the quality parameters of the service, which will be controlled with the analysis of the efficiency indicators generating a plan of continuous improvements of the networks.

Key words: electric service, electrical losses, subtransmission circuit

## INTRODUCCIÓN

Como parte de la actualización del modelo económico cubano que se deriva de la implementación de los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, aprobados en el 7mo. Congreso del Partido, se han ido transformando y reestructurando los ministerios y los OSDE, para deslindar las funciones estatales de las empresas, en las que el Ministerio de Energía y Minas ha sido pionero; generándose la necesidad de acometer un grupo de transformaciones estructurales y organizativas que contribuyan a dar respuestas a las expectativas, cada vez mayores, de mejorar la eficiencia y eficacia como resultado de la gestión y dirección empresarial, respaldado por la política del Estado y el Gobierno. Todo esto ha propiciado un nuevo panorama en el sector eléctrico nacional, donde la Empresa Eléctrica Mayabeque está llamada a jugar un papel fundamental como actor principal en la organización de sus procesos claves para satisfacer eficientemente la demanda de energía que requiere la provincia [1-4].

El presente trabajo parte de estudiar las causas del incremento de las afectaciones al servicio eléctrico que ofrece la empresa mediante un procedimiento diseñado al efecto que incluye el diagnóstico, la proyección de innovaciones, el estudio de factibilidad del proyecto de inversión al que los autores denominan: Procedimiento para el rediseño de circuitos de subtransmisión eléctrica.

## DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENTIDAD

La Empresa Eléctrica de Mayabeque para dar servicio a sus 136 500 clientes cuenta con 208 km de líneas de 110 kV, 831 km de 33 kV, 3 038 km de líneas distribución primaria, 10 854 transformadores de distribución, 9 subestaciones de 110 kV y 62 subestaciones de 34,5 kV (tabla 1).

**Tabla 1. Indicadores Generales de la Empresa**

INDICADORES GENERALES DE LA EMPRESA			
Niveles	Cantidad de interrupciones		
	Real 2017	Real 2018	Plan 2019
Transmisión	2,75	2,61	1,74
Subtransmisión	17,29	11,43	10,23
Distribución Primaria	43,6	34,37	29,63
Distribución Secundaria	32,82	28,16	23,38
Servicios	77,58	76,04	65,02
TIU (tiempo de interrupción al usuario)	35,84	31,48	29,94
Transformadores dañados	6,64	5,59	5,0

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 1, el resultado de los indicadores disminuye de un año a otro y debe continuar disminuyendo en el 2019, pero con relación a la media del país están por encima y se producen muchas afectaciones a los clientes debido al deterioro de las redes eléctricas, esto indica que se debe hacer el análisis estadístico de fallas por circuitos y proponer el proyecto de mejora en la gestión de los sistemas de mantenimiento para minimizar las fallas.

En las figuras 1 y 2 se presenta el diagrama Pareto de las interrupciones de los años 2017 y 2018 respectivamente.

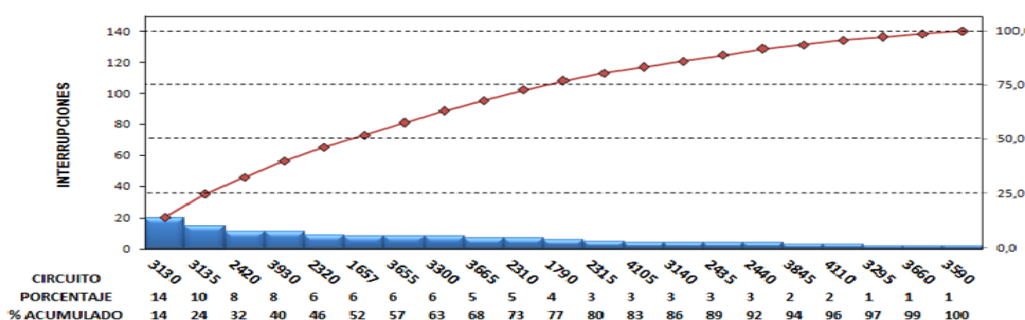


Fig. 1. Diagrama Pareto de las interrupciones en la subtransmisión año 2017

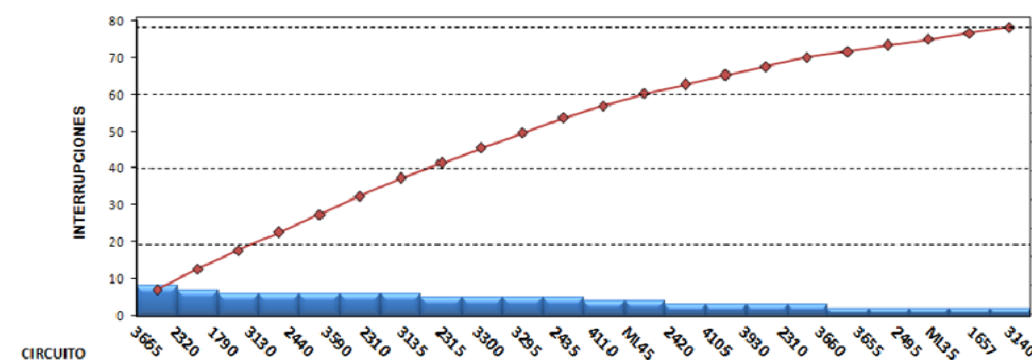


Fig. 2. Diagrama Pareto de las interrupciones en la subtransmisión año 2018

Del análisis de estos diagramas comparando los 2 años se observa que hay 4 circuitos cuyas interrupciones crecieron y llevan un peso importante en la distribución de energía a los clientes en la capital mayabequense.

**Circuito 2320:** En el 2018 tuvo 108 aperturas involuntarias ocupando el primer lugar en la provincia y de estas 9 interrupciones prolongadas en tiempo; dichas aperturas representan, acorde a su longitud, un índice de 2,9 por km/año, valor considerado alto y un perfil de voltaje con valores por debajo de los límites permitidos de operación.

**Circuito 2315:** En el 2018 tuvo 26 aperturas involuntarias y de estas 5 interrupciones prolongadas en tiempo, dichas aperturas representan, acorde a su longitud, un índice de 1,8 por km/año, valor considerado alto y un perfil de voltaje con valores dentro de los límites permitidos de operación.

**Circuito 2435:** En el 2018 tuvo 41 aperturas involuntarias y de estas 4 interrupciones prolongadas en tiempo; dichas aperturas representan, acorde a su longitud, un índice de 2,9 por km/año, valor considerado alto y un perfil de voltaje con valores dentro de los límites permitidos de operación.

**Circuito 3590:** En el 2018 tuvo 72 aperturas involuntarias y de estas 6 interrupciones prolongadas en tiempo; dichas aperturas representan, acorde a su longitud, un índice de 2,4 por km/año, valor considerado alto y un perfil de voltaje con valores fuera de los límites permitidos de operación.

Evaluando las causas de estas aperturas en los diferentes circuitos analizados se muestra un alto deterioro en su estado técnico, cuestión que debe resolverse rápidamente por la insatisfacción de los clientes.

Para hacer el análisis de las debilidades fundamentales de la organización se empleó la Matriz DAFO (tabla 2).

**Tabla 2. Matriz DAFD**

DEBILIDADES	FORTALEZAS
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deterioro de las redes eléctricas, están fuera del ciclo de mantenimiento</li> <li>2. Elevado costo por baja eficiencia en la distribución de la electricidad</li> <li>3. Baja efectividad del proceso inversionista para lograr los objetivos de la organización</li> <li>4. Déficit de fuerza de trabajo calificada en los puestos claves y envejecimiento de la existente</li> <li>5. La tarifa eléctrica aprobada por el país no cubre los gastos de la organización</li> <li>6. Insuficiente parque automotor con deficiente estado técnico y alto nivel de obsolescencia</li> <li>7. Falta de piezas de repuesto en el momento oportuno para el mantenimiento y reparación de equipos tecnológicos</li> <li>8. Vulnerabilidad del sistema al robo e ilegalidades</li> <li>9. Alto índice de consumo por baja eficiencia en la generación distribuida con fuel oil</li> <li>10. Falta de preparación de los cuadros</li> <li>11. Baja disponibilidad por déficit de piezas de repuesto para los mantenimientos y reparación de los grupos electrógenos fuel</li> <li>12. Problemas en la facturación de energía eléctrica</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contar con un sistema de preparación integral para trabajadores y cuadros</li> <li>2. Sistema empresarial monopólico en el servicio eléctrico</li> <li>3. La empresa está en perfeccionamiento empresarial</li> <li>4. Alto compromiso de los miembros de la organización</li> <li>5. Alta calificación de la fuerza de trabajo existente</li> <li>6. Posibilidad de que los trabajadores y técnicos presten servicios en el exterior</li> <li>7. Sinergia del sistema</li> <li>8. Sistema de estimulación a los trabajadores</li> <li>9. Contar con los recursos financieros necesarios para lograr los objetivos de la organización</li> </ol>
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Existencia de regulaciones estatales que impiden la modificación de la tarifa eléctrica</li> <li>2. Alta competencia en el mercado laboral por empresas con mejor remuneración y menos responsabilidad</li> <li>3. Exceso de control externo</li> <li>4. Ocurrencia de eventos climatológicos que afectan significativamente el Sistema Electroenergético Nacional</li> <li>5. El impacto de la crisis económica mundial en la economía cubana, puede implicar disminuciones en los niveles de inversiones y el desplazamiento de los programas de mantenimiento</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Posibilidad de realizar innumerables cambios a partir de la actualización del modelo económico</li> <li>2. Existencia de un programa directivo para la utilización de energía renovable</li> <li>3. No existe competencia en la generación y distribución de la energía eléctrica</li> <li>4. Alta prioridad de la Dirección del Estado y Gobierno a los programas de la Revolución Energética</li> <li>5. Programa de colaboración energética en el marco del ALBA</li> <li>6. Comprensión en la UNE de la alta responsabilidad de la empresa en los actuales programas del país</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis y reducción del listado empleando la votación ponderada con los criterios del Consejo de Dirección y el grupo de especialistas, quedando 7 debilidades y 7 fortalezas, así como 4 oportunidades y 4 amenazas, de los resultados en el cruzamiento Debilidades vs. Oportunidades y Amenazas, las debilidades con mayor influencia fueron:

- Deterioro de las redes eléctricas.
- Dificultad en la facturación de energía.
- Elevado índice de consumo en grupos electrógenos fuel.
- Baja disponibilidad de los grupos electrógenos fuel.
- Falta de preparación de los cuadros.

Posteriormente se procedió a realizar un análisis de motricidad entre elementos, con el cruzamiento de las debilidades entre sí, utilizando al grupo de especialistas y Consejo de dirección (la puntuación se realiza sobre una escala de 10, influencia alta; 5, influencia media; 1 influencia baja; 0, no influye, para establecer el nivel de influencia de las debilidades en las filas, sobre las debilidades en las columnas). Ver tabla 3.

**Tabla. 3 Análisis de motricidad entre las debilidades**

Debilidad\Debilidad	Deterioro de las redes eléctricas	Dificultad en la facturación de energía	Elevado índice de consumo en grupos electrógenos fuel	Baja disponibilidad de los grupos electrógenos fuel	Falta de preparación de los cuadros	Total
Deterioro de las redes eléctricas		10	5	10	10	35
Dificultad en la facturación de energía	5		0	5	10	20
Elevado índice de consumo en grupos electrógenos fuel	0	0		5	5	15
Baja disponibilidad de los grupos electrógenos fuel	0	5	5		5	15
Falta de preparación de los cuadros	5	5	5	5		20
Total	10	20	15	25	30	

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de la tabla se puede inferir que el deterioro de las redes eléctricas constituye la debilidad con mayor motricidad ya que influye directamente sobre el resto, sin embargo, todas las debilidades tienen influencia directa en la falta de preparación de cuadros por su insuficiente capacitación e inexperiencia.

Atendiendo a la motricidad que presenta el deterioro de las redes eléctricas sobre el resto de las causas y teniendo en cuenta que se han capacitado anteriormente a los cuadros, existen programas para mejorar la disponibilidad e índice de consumo de los grupos electrógenos, se decidió trabajar sobre el deterioro de las redes eléctricas, que provoca afectación del servicio e insatisfacción a los clientes.

El deterioro de las redes eléctricas tiene, a su vez, como causas fundamentales:

- Incumplimiento de los ciclos de mantenimiento.
- Dificultades con recursos materiales.
- Baja disponibilidad del transporte.
- Falta de preparación de equipos de dirección y participación de los trabajadores en la elaboración, implementación y control de los objetivos.

Para las 5 debilidades, se elaboró una tabla resumen, (tabla 4), con la propuesta de innovaciones atendiendo a su tipo.

Las innovaciones propuestas se sometieron a la evaluación de su impacto en los principales indicadores de eficiencia y eficacia y la factibilidad en correspondencia con los requisitos de implementación para seleccionar, a criterio del Consejo de Dirección, la más apropiada por la de mayor índice de impacto factibilidad [5].

**Tabla 4. Tipos de innovaciones por cada debilidad identificada**

Debilidad	Innovación	
	Proceso	Organizacional
Deterioro de las redes eléctricas	Rediseño de circuitos de subtransmisión	Diseñar, implementar y controlar un sistema de gestión de mantenimiento e innovación tecnológica orientada a la innovación de procesos buscando mayor eficiencia y calidad en el servicio Preparación del equipo de dirección en gestión del cambio, de manera que puedan acometer lo que deben proyectarse e implementarse
Dificultad en la facturación de energía	Implementar los metros contadores infrarrojos	Preparación del equipo de dirección en gestión del cambio, de manera que puedan acometer lo que deben proyectarse e implementarse
Elevado índice de consumo en GEF	Identificar mejores prácticas para la optimización y enriquecimiento de las tecnologías existentes, así como el desarrollo de tecnologías complementarias o auxiliares, para la mejora de la calidad y reducción de costos de los procesos	
Baja disponibilidad de los GEF	Identificar mejores prácticas para la optimización y enriquecimiento de las tecnologías existentes, así como el desarrollo de tecnologías complementarias o auxiliares, para la mejora de la calidad y reducción de costos de los procesos	
Falta de preparación de cuadros		Preparación del equipo de dirección en gestión del cambio, de manera que puedan acometer lo que deben proyectarse e implementarse

Fuente: Elaboración propia

Fue seleccionada dentro de las innovaciones propuestas: Rediseño de circuitos de subtransmisión que contempla la aplicación de los sistemas de mantenimiento técnicos, así como la introducción de nuevas tecnologías y capacitación de técnicos y obreros, paralelamente hay que preparar al equipo de dirección en

gestión del cambio, de manera que puedan acometer aquellos cambios que deben proyectarse e implementarse, teniendo en cuenta el impacto sobre el cumplimiento de la misión y la visión de la organización.

### **FUNDAMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA**

**Objetivos de la actividad innovadora:** la mayor incidencia se encuentra en mejorar la calidad de productos y servicios, la reducción de los costos de producción y dentro de ellos en los costos de: salario, consumo material y consumo de energía, cumplir con los estándares, normativas y leyes. Además, la mejora de la calidad de vida y de las condiciones de trabajo y la reducción de los daños al medio ambiente.

**Fuente de ideas innovadoras que inciden de forma muy importante en la innovación que se propone:** análisis comparativo con las mejores prácticas, alta dirección, los trabajadores, empresas o entidades similares, empresas de consultoría, universidades, organización superior de la entidad, consultas a información científico-técnica y la capacitación y entrenamiento.

**Factores que obstaculizan la innovación:** muy pocos factores obstaculizan la innovación, solo de forma importante: insuficiente capacidad y cultura tecnológica de directivos reflejados en la resistencia al cambio. El resto clasifican como poco importantes y no aplicables.

Como parte de la implementación de la política económica y social aprobada en el pasado VI Congreso del Partido y recogida en sus Lineamientos, resulta crucial lograr un cambio radical en todo aquello que afecte el desarrollo económico del país y la elevación del nivel de vida de la población, con el objetivo de garantizar la continuidad e irreversibilidad del Socialismo. Por lo tanto, resulta vital el desarrollo de un modelo económico en que prevalezca la propiedad socialista de todo el pueblo sobre los medios de producción como base del modelo económico cubano y donde debe regir el principio de distribución socialista “de cada cual según su capacidad y a cada cual según su trabajo”. Estos principios deben ser armonizados con una mayor autonomía de las empresas estatales y el fortalecimiento de la institucionalidad, a partir de la reorganización del Estado y el Gobierno.

### **Estudio de factibilidad económica del proyecto de inversión [6,7]**

Se estimó que el tiempo necesario para toda la instalación del proyecto fuese de un mes, y la etapa de puesta en marcha fuese durante todo el año. De esta forma se recogen 13 períodos: un período inicial de ejecución de la inversión y 12 períodos de evaluación de los resultados (desde enero a diciembre del próximo año).

Antes de proceder con el estudio de factibilidad es conveniente explicar con detalles cómo se determinaron los niveles de ingresos y gastos del proyecto para el flujo de caja.

Actualmente, el esquema para los circuitos descritos provoca unos niveles de pérdidas del 2,64 %. Se prevé que luego de la instalación del proyecto las pérdidas se reduzcan a un 1,92 % en los 12 meses subsiguientes. Ello implicaría una disminución de un 0,72 %. La energía que se deja de perder 37 306,1 mw (energía recuperada) implica un incremento en los niveles de ingresos (energía facturada) ascendentes a 10 523,7 mp, de ellos 6 834,3 mcuc, por ahorro de combustible tecnológico de generación (recuperación del costo variable) y la diferencia por la facturación al precio ponderado del megawatt hora.

El cálculo de la energía recuperada se realizó mes a mes durante un año, tomando como referencia la energía activa de las cargas en el esquema de los circuitos señalados y las pérdidas totales de energía durante la medición y evaluación de los datos monitoreados en 24 h, los cuales se extrapolaron para un año de trabajo en megawatt hora en la situación del esquema actual y se compararon con las pérdidas reducidas por la implementación del proyecto de cada mes del próximo año. Ver tabla 5.

La energía que se recupera mes a mes en todo el año, se multiplica por el precio promedio ponderado del sector estatal mayor, estatal menor y residencial, para calcular los ingresos que se recuperan por la implementación del proyecto. Este precio promedio ponderado fue calculado para 282,09 p/MWh utilizando series históricas del modelo 560 del Departamento Comercial y dividiendo el importe entre la energía facturada, así como se define de este total lo que implica en pesos convertibles el ahorro en la quema de combustible por concepto de reducción de pérdidas.

**Tabla 5. Cálculo de la energía recuperada y de los ingresos en la etapa de ejecución del proyecto**

Meses	Perdidas en MWh Esquema Actual	Perdidas en MWh Esquema Propuesto	Energía MWh Recuperada	Importe MP Facturado
1	7802,6	4634,1	3168,5	893,8
2	7047,5	4185,7	2861,8	807,3
3	7802,6	4634,1	3168,5	893,8
4	7550,9	4484,7	3066,3	865,0
5	7802,6	4634,1	3168,5	893,8
6	7550,9	4484,7	3066,3	865,0
7	7802,6	4634,1	3168,5	893,8
8	7802,6	4634,1	3168,5	893,8
9	7550,9	4484,7	3066,3	865,0
10	7802,6	4634,1	3168,5	893,8
11	7550,9	4484,7	3066,3	865,0
12	7802,6	4634,1	3168,5	893,8
<b>TOTALES</b>	<b>91869,4</b>	<b>54563,3</b>	<b>37306,1</b>	<b>10523,7</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **Análisis de los niveles de gastos [8]**

Los niveles de gastos del proyecto fueron considerados en la etapa de la implementación de la inversión (período C0) y en la etapa de ejecución (períodos FC1 - FC12).

Para la etapa de la implementación del proyecto se consideraron los gastos siguientes:

Se proyectan en equipos los asociados a los gastos de instalación de interruptores trifásicos 36 Kv DR 36-36NM O7U/0282-287

Se proyecta en construcción y montaje:

- Cambiar el calibre del tramo que alimenta las cargas de las subestaciones: Jamaica, Nazareno, Menocal, El Plátano y Babiney, para Aluminio 150 mm<sup>2</sup> (20 km).
- Dividir este circuito 2 320 pasando estas cargas a otro alimentador.
- Construir alrededor de 12 km de línea de 34,5 kV; que sirva como alimentador de las cargas que se traspasan del circuito 2 320 del esquema de la SE Melena 110/34,5 Kv.

Se contemplaron en el componente otros, los relacionados con los proyectos, comunicaciones y administración de la DIP y el porcentaje de imprevisto o contingencia establecido para los estudios de factibilidad (tabla 6).

Los gastos de la rehabilitación de estos circuitos incluyen un proyecto de mantenimiento capital a ejecutarse en el primer mes, con un gasto anual de 86,0 mp eliminar el número de aperturas involuntarias que presentan, siendo los más priorizados el 2 320 y el 3 590.

#### **Flujo de caja del proyecto**

El flujo de caja del proyecto (tanto para los ingresos como para los gastos) se determinó hacerlo en moneda total (tabla 7), asumiendo el tipo de cambio vigente para el sector empresarial de 1CUC = 1CUP.



Tabla 6. Descripción del costo de inversión en la etapa preliminar del proyecto

Desglose	Valor de Inversión año 0		
	MCUC	MCUP	Moneda Total MCUP
<b>Equipos</b>	<b>6,9</b>	<b>26,9</b>	<b>33,8</b>
Equipamiento Interruptor 3F 36 KV	6,90	26,90	33,80
<b>Contrucción y Montaje</b>	<b>114,2</b>	<b>148,8</b>	<b>263,0</b>
Trabajos de (Retiro) de Lineas	31,10	14,60	45,70
Trabajos de Montaje de Linea	0,00	20,20	20,20
Compra de Conductor	0,00	35,00	35,00
Postes	3,00	15,00	18,00
Alquiler de gruas y multiproposito	4,10	40,00	44,10
Gasto de materiales (electricos y otros)	76,00	24,00	100,00
<b>OTROS</b>	<b>16,2</b>	<b>45,5</b>	<b>61,7</b>
Ingeniería		2,50	2,50
Gastos de Administración DIP	0,30	2,50	2,80
Transporte	0,00	17,50	17,50
Comunicación	0,50	0,00	0,50
Otros Gastos	2,90	2,90	5,80
Contingencias	12,50	20,10	32,60
<b>COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN</b>	<b>137,30</b>	<b>221,20</b>	<b>358,50</b>

Fuente: Cifras de Dirección de Inversiones

Tabla 7. Flujo de caja del proyecto en moneda total

Periodos	Gastos	Ingresos	Beneficios Netos
Co	358,5		-358,5
FC-1	86,0	893,8	807,8
FC-2		807,3	807,3
FC-3		893,8	893,8
FC-4		865,0	865,0
FC-5		893,8	893,8
FC-6		865,0	865,0
FC-7		893,8	893,8
FC-8		893,8	893,8
FC-9		865,0	865,0
FC-10		893,8	893,8
FC-11		865,0	865,0
FC-12		893,8	893,8
Totales	444,5	10523,7	10079,2

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo del valor actual neto (VAN)

Una vez determinado los niveles de ingresos y gastos del proyecto se procede a realizar la evaluación económica según los criterios anteriormente expuestos.

El valor actual neto puede definirse como el valor actual de los flujos de caja esperados o más específicamente como el valor actualizado del saldo entre el flujo de ingresos y egresos en efectivo generados por un proyecto durante su vida útil. También es posible definirlo como el ahorro sobre la inversión, o viéndolo desde otro punto de vista, es el valor actualizado del excedente que la empresa obtiene por encima del que lograría mediante la inversión alternativa representada a través de la tasa de descuento, lo que representaría el costo de oportunidad del capital invertido. Luego, el criterio de decisión para aceptar un proyecto está basado en encontrar un valor actual neto positivo que implique una ganancia en el proyecto actualizando los beneficios netos al tiempo presente.

El valor actual neto (VAN) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{j=0}^n \frac{B_j - C_j}{(1+r)^j} \implies VAN = \sum_{j=0}^n \frac{BN_j}{(1+r)^j}$$

donde:

- $B_j$ : Ingresos asociados a cada período  $j$ .
- $C_j$ : Gastos asociados a cada período  $j$ .
- $BN_j$ : Beneficios netos asociados a cada período  $j$ .
- $r$ : Tasa de descuento.
- $n$ : Número total de períodos  $j$  a considerar.
- $j$ : Período del flujo de caja.

La Empresa de Ingeniería y Proyectos de la Electricidad (INEL), rectora los estudios de factibilidad de proyectos de inversión de la Unión Eléctrica, asume tasas fijas de descuento del 10,0 %, 12,0 % y 15,0 %. Estas son las mismas tasas a considerar en este caso.

El cálculo del VAN del proyecto arroja valores positivos y por lo tanto el proyecto es factible en su totalidad para las tres tasas de descuento utilizadas obteniendo una ganancia actualizada de 5 523,6 mp para el 10 %, 4 980,6 mp para el 12 % y 4 302,9 mp para una tasa de descuento del 15 % como puede apreciarse en la tabla 8.

**Tabla 8. Cálculo del valor actual neto para las tasas de descuento del 10 %, 12 % y 15 %**

Periodos				
Co	-358,5	-358,5	-358,5	-358,5
FC-1	807,8	375,9	362,7	343,9
FC-2	807,3	1043,0	1006,3	954,4
FC-3	893,8	1714,6	1642,5	1542,0
FC-4	865,0	2305,3	2192,2	2036,6
FC-5	893,8	2860,3	2699,4	2481,0
FC-6	865,0	3348,6	3137,6	2854,9
FC-7	893,8	3807,2	3541,9	3190,9
FC-8	893,8	4224,2	3902,9	3483,1
FC-9	865,0	4591,0	4214,8	3729,0
FC-10	893,8	4935,6	4502,6	3949,9
FC-11	865,0	5238,8	4751,2	4135,8
FC-12	893,8	<b>5523,6</b>	<b>4980,6</b>	<b>4302,9</b>
Totales	10079,2			

Fuente: Elaboración propia

### **Cálculo de la tasa interna de rentabilidad (TIR)**

El criterio de la tasa interna de rentabilidad (o retorno) está también en el mismo nivel de importancia que el VAN, y es usado colateralmente con este.

Definiéndola en términos económicos, la tasa interna de retorno representa el porcentaje o tasa de interés ganado sobre el saldo no recuperado de una inversión. Esto indica que es la rentabilidad que se obtiene sobre el capital invertido mientras este está en la inversión, tras permitir el reembolso parcial de la inversión inicial. Es posible considerar el saldo no recuperado de cualquier inversión como aquella parte de la misma que queda por recuperar después de haber sumado y deducido los pagos de interés y los ingresos respectivamente, causados hasta el momento en que se haga el análisis.

La tasa interna de rentabilidad se calcula encontrando aquella tasa de descuento que anula el valor actual neto. Ello implica la tasa máxima de que puede soportar el proyecto a partir de la cual se obtienen pérdidas. Es calculada por la siguiente fórmula:

$$\sum_{j=0}^n \frac{BN_j}{(1+TIR)^j} = 0$$

El resultado de cálculo es una tasa interna de retorno (TIR) de 2,27, considerablemente alta (aproximadamente 227 %), donde la disminución progresiva del valor actual neto a partir del FC1 hasta FC12 se establece, de forma tal que la sumatoria cubra el VAN de la etapa de ejecución (C0) y así la suma de los valores actualizados de los beneficios netos se anula con el valor actualizado del beneficio neto en la etapa de inversión.

Dado que las tasas de descuento son muy inferiores a la tasa interna de rentabilidad (TIR) para este flujo de caja, el proyecto resulta sumamente factible ya que permite altas tasas de descuento obteniéndose siempre utilidades.

### **CONCLUSIONES**

1. Se diagnosticaron los problemas fundamentales de la organización, identificando las cinco debilidades que mayor incidencia reflejan: Deterioro de las redes eléctricas; dificultad en la facturación de energía; elevado índice de consumo en grupos electrógenos fuel; baja disponibilidad de los grupos electrógenos fuel; falta de preparación de los cuadros.
2. Se determinó la debilidad con mayor impacto en la factibilidad en la organización, como el deterioro de las redes eléctricas, que a su vez es causada por: Incumplimiento de los ciclos de mantenimiento; dificultades con recursos materiales; baja disponibilidad del transporte; falta de preparación de los equipos de dirección en las unidades empresariales de base y la poca participación de los trabajadores en la elaboración, implementación y control de los objetivos además de que se logra proyectar una innovación en el proceso de mantenimiento de las redes eléctricas, desplegada en un plan de actividades que contribuirá a satisfacer las necesidades de los clientes.
3. Con la implementación de la innovación propuesta se logra hacer un diagnóstico de la concepción de los sistemas de mantenimiento en la provincia de Mayabeque, lo que permitirá realizar acciones en las redes para mejorar los demás indicadores de la empresa como son el tiempo de interrupción, los índices de interrupciones y las pérdidas de energía.
4. Desde el punto de vista económico, el proyecto de inversión es factible, con los criterios analizados, aportando al estado de rendimiento financiero de la empresa importes cuantiosos por la disminución de las pérdidas, haciendo frente a elevadas tasas de devaluación de la moneda. El proyecto también ahorra a la economía de la empresa con los precios actuales del combustible tecnológico y el costo de la generación.

### **RECOMENDACIONES**

Por tratarse de una innovación en el proceso de rehabilitación de las redes eléctricas, se debe prestar especial atención a:

1. Dar seguimiento al plan de implementación del proyecto de innovación, con la actualización sistemática de la gestión de riesgos.
2. Elaborar proyectos de mejoras para las restantes debilidades y problemas identificados en el trabajo.

### **REFERENCIAS**

1. Acevedo JA. El Desarrollo Empresarial en el Marco de la Actualización del Modelo Económico Cubano, Cujae, La Habana, Cuba. 2011.
2. Alfonso D. Modelo de dirección estratégica para la Integración del Sistema de Dirección de la Empresa. Tesis Doctoral, CETDIR, Facultad de Ingeniería Industrial, Cujae, La Habana, Cuba. 2007.
3. CC PCC. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, La Habana, Cuba, 2011.
4. Decreto Ley 252, art. (490-493). La Habana, Cuba.
5. Pavón J, Hidalgo A. Gestión e Innovación. Un enfoque estratégico, Madrid: Ed. Pirámide, 1999.
6. Campos L, et al. Gestión Económica Contable. Análisis de los Estados Financieros, tema 2, Diplomado de Dirección y Gestión Empresarial, 7ma. edición. ESCEG, La Habana, Cuba, 2013.
7. Delgado M. Innovación en la Dirección y Gestión Empresarial, tema 8, Diplomado de Dirección y Gestión Empresarial, 7ma. edición. ESCEG. La Habana, Cuba, 2013.
8. Borrás F. Gestión Financiera de la Empresa. tema 3, Diplomado de Dirección y Gestión Empresarial, 7ma. edición. ESCEG. La Habana Cuba, 2013.